

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА»

На правах рукопису

**Мірошниченко Ігор Вікторович**

УДК 519.866-047.44:330.322.01(043.3)

**СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО  
ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ**

Спеціальність 08.00.11 – Математичні методи, моделі та інформаційні  
технології в економіці

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата економічних наук

Науковий керівник:  
Великоіваненко Галина Іванівна,  
кандидат фіз.-мат. наук, професор

Київ – 2016

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ</b> .....	4
1.1. Категорія інвестиційного потенціалу та визначення її сутності в межах дослідження .....	12
1.2. Аналіз сучасних методів і моделей оцінювання інвестиційного потенціалу .....	30
1.3. Теоретичні положення щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті теорії штучних нейронних мереж та нечіткої логіки .....	40
Висновки до розділу 1 .....	51
<b>РОЗДІЛ 2. ІЄРАРХІЧНА СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ</b> .....	53
2.1. Методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни .....	53
2.2. Модель кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу із застосуванням карт самоорганізації Кохонена.....	57
2.2.1. Формування бази показників, за якими здійснюється оцінювання інвестиційного потенціалу країни .....	57
2.2.2. Побудова моделі кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу .....	69
2.3. Модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті теорії нечіткої логіки .....	81
Висновки до розділу 2 .....	104
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ</b> .....	107
3.1. Інформаційне забезпечення процесу нейро-нечіткого моделювання інвестиційного потенціалу країни .....	107

3.2. Проведення кластерного аналізу країн світу за показниками інвестиційного потенціалу .....	111
3.3. Визначення інвестиційного потенціалу України з використанням теорії нечіткої логіки .....	130
Висновки до розділу 3 .....	155
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	158
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	161
<b>ДОДАТКИ</b> .....	161

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Залучення прямих іноземних інвестицій є однією з основних цілей економічного розвитку більшості країн світу, оскільки надає поштовх до запровадження нових експортно-імпортних проєктів, інституційних перетворень в країні та технологічної модернізації підприємств та організацій. У той же час спостерігається стрімке збільшення обсягів інформації про соціально-економічні системи, яку необхідно враховувати при прийнятті інвестиційних рішень. Проте в сучасних реаліях нестабільності державних інститутів в Україні, неузгодженості державної політики та суттєвої специфічності ведення бізнесу досягнення значних, а головне, стабільних обсягів прямих іноземних інвестицій постає складною задачею. Особливо це помітно для країн із середнім та низьким рівнем доходу, для яких залучення іноземних коштів – запорука економічного зростання та конкурентоспроможності. Всі ці негативні процеси поглиблюються на фоні світової економічної кризи. З одного боку, іноземні компанії та корпорації стали значно обережнішими при інвестуванні капіталу в інші країни, банки неохоче долучаються до фінансових інвестицій, а з іншого – урядам країн-реципієнтів важко забезпечити стабільне та привабливе середовище для інвестування. Саме тому дослідження особливостей, виявлення тенденцій інвестиційного розвитку країни, визначення факторів впливу на підвищення ефективності процесу залучення інвестицій є основою для забезпечення ефективного функціонування та успішного розвитку економіки країни. За таких умов важливим напрямом наукових досліджень є аналіз процесів та особливостей формування інвестиційних процесів на підґрунті економіко-математичних моделей, за допомогою яких формується відповідна процедура оцінювання та прогнозування інвестиційного потенціалу країни.

Дослідженню різноманітних теоретичних та практичних аспектів інвестиційного потенціалу присвячені праці провідних вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як: Бельянинов А. Ю., Губанова О. С., Должанський І. З., Камінський О. Л., Леонов С. В., Лосева С. А., Мамонова К. М., Маринич І. А., Нудельман Р. І., Ройзман І., Романова Т. В., Сухінова С. Е., Толстолесова Л. А., Тумусов Ф. С., Харламова Г. О., Царев В. В., Чуб Б. А. та інші. У той же час сфера інвестиційного потенціалу цікавить не тільки науковців, але й світових лідерів консалтингового та аудиторського бізнесу, серед яких International Finance Corporation, Deloitte, Ernst & Young, PricewaterhouseCoopers та інші.

Поряд з цим значну частину наукових досліджень із застосування економіко-математичних моделей та методів щодо удосконалення управління економічними процесами сконцентровано в працях українських вчених, серед яких: Великоіваненко Г. І., Вітлінський В. В., Галіцин В. К., Геєць В. М., Гур'янова Л. С., Камінський А. Б., Кишакевич Б. Ю., Клебанова Т. С., Клименюк М. М., Лук'яненко І. Г., Матвійчук А. В., Максишко Н. К., Меркулова Т. В., Скрипниченко М. І., Соловійов В. М., Суслов О. П., Черняк О. І. та інші.

Ознайомлення з наявними розробками в сфері управління інвестиціями підтверджує актуальність та важливість обраної проблематики. Разом з тим, проведений аналіз існуючих методів оцінювання інвестиційного потенціалу країни виявив, що невирішеним залишилось питання вибору подібних за інвестиційним кліматом та економічним розвитком країн для проведення моделювання на аналогічних прикладах; існує необхідність у розробленні комплексу економіко-математичних моделей, які б враховували невизначеність інформації щодо ключових факторів формування інвестиційного потенціалу, обмеженість статистичної інформації, експертні знання в предметній області тощо. На думку автора, такі моделі мають ґрунтуватись на використанні інструментарію теорії нечіткої логіки та штучних нейронних мереж, які досі не мають широкого застосування у

вирішенні задачі оцінювання інвестиційного потенціалу, що і зумовлює актуальність, мету і задачі цього дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконана згідно з планом наукових досліджень кафедри економіко-математичного моделювання ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» в процесі розроблення комплексних тем «Математичне моделювання економічних систем і процесів в умовах невизначеності та конфлікту: проблеми теорії та практики» (державний реєстраційний номер 0106U001804) і «Методологія та інструментарій моделювання економічних процесів з урахуванням ризику» (державний реєстраційний номер 0111U002615). В межах даних тем особисто автором було розроблено систему моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

**Мета і завдання дослідження.** *Мета* наукового дослідження полягає у розробці методологічного підходу до оцінювання інвестиційного потенціалу країни та побудові відповідного комплексу економіко-математичних моделей.

В рамках дисертаційної роботи поставлено та вирішено такі основні *завдання*:

- провести критичний аналіз науково-методологічних підходів до розуміння сутності інвестиційного потенціалу країни як економічної категорії;
- провести дослідження існуючих підходів до оцінювання інвестиційного потенціалу;
- запропонувати методологічний підхід та на його основі систему моделей оцінювання інвестиційного потенціалу;
- визначити систему показників для оцінювання інвестиційного потенціалу країни;

- розробити підхід до формування переліку країн світу, подібних за показниками оцінювання інвестиційного потенціалу на досліджувану країну із застосуванням нейронних мереж;
- розробити систему оцінювання інвестиційного потенціалу країни на основі методів нечіткої логіки;
- провести модельні експерименти з метою аналізу адекватності запропонованого методологічного підходу та побудованих економіко-математичних моделей;
- розробити рекомендації щодо застосування системи моделей для оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

*Об'єктом дослідження є інвестиційний потенціал країни.*

*Предметом дослідження є інструментарій економіко-математичного моделювання інвестиційного потенціалу країни.*

*Методами дослідження є фундаментальні положення економічної теорії, теорії інвестування, системного аналізу економічних процесів, економіко-математичного моделювання (зокрема, метод аналізу ієрархій, нейронні мережі, що самоорганізуються, інструментарій нечіткої логіки), інформаційних технологій тощо.*

Інформаційною базою дослідження слугували дані Всесвітнього банку, Організації економічного співробітництва та розвитку, Міжнародної організації праці, Організації Об'єднаних Націй, Міжнародного Валютного фонду, Німецького товариства міжнародного співробітництва та Transparency International.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Основним науковим результатом дисертаційної роботи є формування механізму оцінювання інвестиційного потенціалу країни з метою прийняття відповідних управлінських рішень використовуючи методи математичного моделювання та автоматизовані засоби. При цьому отримано такі наукові результати:

*вперше:*

- розроблено методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни, що ґрунтується на ієрархічній системі оцінювання інвестиційного потенціалу та складається з трьох рівнів ієрархії. Дана система передбачає побудову моделей з використанням апарату нейронних мереж та нечіткої логіки. Такий підхід дозволив враховувати широке коло чинників впливу та динаміку розвитку інвестиційних процесів країни дослідження;

*удосконалено:*

- та обґрунтовано в рамках методологічного підходу побудову економіко-математичної моделі кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу. В основу розробленої моделі покладено апарат нейронних мереж, а саме карта самоорганізації Кохонена, що дозволяє формувати кластери, кожен з яких містить найбільш подібні між собою країни за показниками інвестиційного потенціалу;

- та обґрунтовано в рамках методологічного підходу побудову економіко-математичної моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті інструментарію нечіткої логіки, яка, на відміну від аналогів, дозволяє здійснювати розрахунки на основі показників кількісної та якісної природи, враховувати в аналізі експертні знання в предметній області, забезпечуючи проведення оптимізації параметрів на реальних даних. Налаштування параметрів моделі здійснюється на основі показників країн, які разом з країною дослідження формують відповідний кластер в результаті самоорганізації на карті Кохонена;

- систему показників оцінювання інвестиційного потенціалу країни, що формуються з використанням загальнодоступної інформаційної бази. Обрані показники характеризують розвиток та потенціал ринку трудових ресурсів, обсяги валового внутрішнього продукту, специфіку ціноутворення, торгівлі, урядових дій та бізнес-сфери;



*дістали подальшого розвитку:*

- загальнонаукові положення щодо застосування інструментарію нейронних мереж та нечіткої логіки для аналізу інвестиційного стану країни та прогнозування динаміки її розвитку.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований автором методологічний підхід та рекомендації щодо застосування системи економіко-математичних моделей, що ґрунтуються на інструментарії нейронних мереж та нечіткої логіки, дозволяють здійснити оцінювання інвестиційного потенціалу країни та прогнозування показників її розвитку з метою підвищення ефективності подальшого прийняття управлінських рішень як для країни-реципієнта (з метою підвищення інвестиційної привабливості), так і для потенційного інвестора (з метою пошуку найбільш привабливих та прибуткових ринків).

Основні положення наукового дослідження можуть бути використані органами державного і місцевого управління, аудиторськими, консалтинговими та інвестиційними компаніями для оцінювання інвестиційних можливостей країни та прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень.

Результати дослідження набули практичного впровадження в діяльності ПрАТ «Фінансова компанія «Сантанна» (довідка № 37/04/16 від 20.04.2016), ТОВ «Науковий парк Київського національного економічного університету» (довідка № 2016/27-04 від 25.04.2016). Розроблені автором економіко-математичні моделі та рекомендації щодо їх застосування використовуються цими організаціями для обґрунтування управлінських рішень щодо стратегії розвитку та в процесі виконання науково-дослідних робіт.

Результати дослідження використано також у циклі лекцій, семінарських (практичних) та лабораторних робіт з дисциплін «Прогнозування соціально-економічних процесів», «Нейро-нечіткі моделі в управлінні» та «Моделі і методи штучного інтелекту» у навчальному процесі

Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» (довідка від 03.12.2015).

**Особистий внесок здобувача** полягає в одноосібно виконаному науковому дослідженні, в якому розкрито авторський підхід до побудови комплексу моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни в умовах невизначеності та ризику, який базується на нейронних мережах та нечіткій логіці. Усі наукові, практичні, розрахункові та експериментальні результати, які викладено в дисертації, одержані автором самостійно і відображені у наукових працях автора. Участь співавторів публікацій полягала у наданні консультативних послуг з методології моделювання та постановки задач.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Матеріали дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних науково-практичних і всеукраїнських науково-методичних конференціях, зокрема на: IV Міжнародній школі-симпозіумі «Аналіз, моделювання, управління, розвиток економічних систем» (м. Сімферополь, 13-19 вересня 2010 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та моделювання в економіці» (м. Черкаси, 22-25 квітня 2012 р.); VI Міжнародній школі-симпозіумі «Аналіз, моделювання, управління, розвиток економічних систем» (м. Сімферополь, 17-23 вересня 2012 р.); III Міжнародній науково-методичній конференції «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці» (м. Чернівці, 14-17 травня 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Теоретико-методологічні і науково-практичні засади інформаційного, фінансового та облікового забезпечення розвитку економіки» (м. Черкаси, 21-22 листопада 2013 р.); V Міжнародної науково-практичної конференції «Моніторинг, моделювання та менеджмент емерджентної економіки» (м. Черкаси, 26-28 квітня 2016 р.).

**Публікації за темою дисертації.** Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано в 11 наукових працях загальним обсягом 3,4 друк. арк., з них: 2 – у наукових фахових виданнях України, 3 у наукових фахових

виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, 6 – в інших виданнях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 157 сторінок друкованого тексту. Робота містить 18 таблиць на 24 сторінках, 54 рисунків на 47 сторінках, 7 додатків на 17 сторінках. Список використаних джерел налічує 151 найменування.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ

#### 1.1. Категорія інвестиційного потенціалу та визначення її сутності в межах дослідження

Оцінювання інвестиційного потенціалу та побудова відповідної системи економіко-математичних моделей має ґрунтуватися на чіткому визначенні таких понять, як «потенціал» та «інвестиційний потенціал». Перш за все, підходячи до даного питання, важливо визначити зміст, сутність та семантичне поле поняття «потенціал», оскільки частіше за все можна спостерігати плюралізм у конкретизації даного поняття.

Аналіз сучасної наукової літератури дає можливість стверджувати, що категорія «потенціал» є важливим поняттям в економічній науці. Дане положення засвідчене широким колом як вітчизняних так і зарубіжних дослідників. Проте існує деяка амбівалентність. Так, наприклад, професор О. Балицький зазначає, що парадокс сучасності полягає в тому, що проблема потенціалу аналізується недостатньо, економічна оцінка його майже не застосовується в управлінні [1]. Як наслідок неможливими постають теоретичні та практичні дослідження не лише поняття потенціалу, а й дотичних до нього понять, таких як «інвестиційний потенціал».

Крім того, не зважаючи на те, що потенціал є одним з фундаментальних віх економічної парадигми, його сутність, особливості, типи, ролі та специфіки використання не знаходять одностайної думки серед науковців та дослідників. Звідси випливає необхідність звернутися до вивчення, дослідження та простеження його сутнісних ознак, задля подальшого функціонального застосування.

Визначаючи сутність поняття потенціал, варто звернутися до його семантичної площини. Так, семантично термін «потенціал» походить від латинського слова «potential», що перекладається як «сила». Сучасне використання даного терміну означає можливості, наявність сил, запаси, засоби, які можуть бути використані [2].

Далі слід розкрити поняття потенціалу в контексті його різноманіття. Так, у тлумачному словнику С. І. Ожегова [3] «потенціал» визначається у матеріальному розрізі, як фізична величина, що характеризує силове поле у даній точці; у переносному значенні, як степінь потужності або сукупність засобів та можливостей тощо.

У історичному словнику галицизмів російської мови М. І. Епішкіна [4] поняття потенціал у переносному значенні уточнюється, як сукупність всіх наявних можливостей, засобів у певній сфері або області. У Великому словнику іноземних слів [5] потенціал визначається, як сукупність засобів, умов, що необхідні для ведення, підтримки, збереження чогось.

В той же час у Великій Радянській Енциклопедії [6], у словнику Професійної освіти [7] потенціал визначається, як засоби, запаси, джерела, що є у наявності та можуть бути мобілізовані, приведені у дію, використані для досягнення певної мети, здійснення плану, рішення будь-якої задачі, можливості окремої особи, суспільства, держави у певній сфері.

Згідно словника синонімів російської мови [8] синонімами «потенціалу» виступають поняття «ресурси», «заряд», «резерв», «запас», «можливості».

Існують дослідження, що на основі вищезазначених джерел тлумачення поняття «потенціал», умовно виділяють два підходи: фізичний та економічний. За фізичним підходом потенціал ототожнюється з поняттями «енергії», «матерії» тощо, в той час як за економічним – потенціал розглядається здебільшого у вартісному вигляді.

У той же час, поняття «потенціал» з точки зору економічного дослідження згідно Економіко-математичного словника [9] та Великого

бухгалтерського словника [10] визначається, як загальний термін, що означає граничну можливість або здатність будь-якої діяльності, реалізації будь-яких дій. Також наводиться ряд прикладів, серед яких виробничий потенціал країни, регіону, підприємства, як можливий об'єм виробництва за найкращого збігу певних умов, споживчий потенціал або потенціал попиту, інноваційний потенціал тощо.

Продовжуючи дослідження поняття потенціал за економічною природою, слід зазначити, що більшість сучасних досліджень розглядають дане поняття у розрізі певної території, суб'єкту економічної діяльності, сфери економічної діяльності тощо. З цих позицій потенціал території визначається як можливість використання даної території у господарчих цілях, із врахуванням можливих витрат, відкриття нових ресурсів, технічного прогресу тощо.

В. Г. Беломестнов [11] виділяє два рівні потенціалу у економічних процесах соціально-економічної системи:

- Потенціал соціально-економічної системи загалом;
- Економічний потенціал соціально-економічної системи.

Потенціал соціально-економічної системи розглядається як сукупність економічних відносин між суб'єктами соціально-економічної системи з приводу можливості оцінювання, присвоєння, використання і розвитку ресурсів і інформації.

Так можна виділити широкий спектр застосування потенціалу: економічний, господарчий, інтелектуальний, природо-ресурсний, науково-технічний, інформаційний, виробничий, організаційний, оборонний, будівельний, сільськогосподарський, інфраструктурний, інвестиційний тощо.

На думку автора, багатовимірність вживання терміну «потенціал» пояснюється великою кількістю об'єктів, до яких це поняття може бути використане. З цього випливає різноманітність «потенціалів».

Як бачимо, на підтвердження судження про плюралізм поняття «потенціал», усі його визначення є достатньо широкими. Це зумовлює

складність у подальшому вивченні даного питання, тому є необхідність окреслити зміст поняття «потенціалу» з конкретизацією в контексті даного дослідження. Слід зазначити, що *існує основний стержень, без якого неможливо сформувавши сутнісне наповнення поняття «потенціалу» – наявність певної бази (матеріальної чи нематеріальної природи) за допомогою якої формується потенціал конкретного об'єкта дослідження* [12].

*Тож під «потенціалом» автор розуміє певну сукупність можливостей за наявності певної бази, матеріального чи нематеріального характеру* [13].

Розвиток визначення потенціалу пов'язаний з тлумаченням терміну «економічний потенціал» [2], котрий трактується як сукупність економічних можливостей держави або сукупності держав, які можуть бути використані для здійснення всіх матеріальних потреб (виробництва, оборони, потреб населення).

В той же час, П. В. Михайлушкін [14] у своїй роботі для визначення економічного потенціалу виходить суто з точки зору матеріального виробництва, хоча відомо, що економіка багатьох провідних країн світу ґрунтується здебільшого на сфері послуг. Зокрема П. В. Михайлушкін зазначає, що економічний потенціал є проявом економічної сили країни, досягнутого рівня виробничих потужностей, а також можливості їх подальшого зростання. При цьому основним елементом, що визначає економічний потенціал, є рівень розвитку важкої індустрії, хоча він також залежить від виробничих потужностей сільського господарства, розвитку транспорту, природних ресурсів і міри залучення їх у господарську діяльність, матеріальних запасів та резервів, рівня розвитку науки та техніки, чисельності населення, перш за все дієздатного, рівня виробничої кваліфікації, загального рівня освіти та культури працівників виробництва. Величина економічного потенціалу наближено характеризується фактичним об'ємом, а також структурою виробництва матеріальних благ. Чим більший

масштаб виробництва, тим багатший соціум і тим більше можливостей для використання матеріальних ресурсів на розширене виробництво та підвищення добробуту народу. Крім того, автор зазначає, що економічним потенціалом має вважатися не фактично наявний об'єм виробничих матеріальних благ, а його рівень, який може бути досягнутий національним виробництвом при досягнутому рівні техніко-технологічного забезпечення виробництва та повному використанні наявних матеріально-технічних і трудових ресурсів.

Таким чином, як зазначалося вище, підходи до поняття «потенціал» можна розділити на фізичний та економічний. В той час як *результат реалізації потенціалу може мати як матеріальну так і нематеріальну природу*.

У розумінні автора економічний потенціал є узагальненим поняттям, що складається із часткових (сільськогосподарський потенціал, інноваційний потенціал, бізнес потенціал, ринковий потенціал тощо). Одним з таких є й інвестиційний потенціал.

Оскільки на сьогоднішній день в науковому світі не існує єдиного підходу до дослідження поняття «інвестиційний потенціал» його методології, розуміння і оцінювання, існує потреба у створенні фундаментальної теорії формування оцінювання та реалізації інвестиційного потенціалу, яка була б осмисленою і мала б практичне застосування як на рівні окремих суб'єктів господарювання, так і на рівні господарчих систем та економіки в цілому.

Однією з основних складностей на шляху до зазначеного є відсутність загальної термінології. Саме це є одним із основних і найбільш спірних аспектів, який викликає наукові дискусії. Проте, саме формування загальної термінології дозволить проводити дослідження на єдиній методологічній основі.

Сьогодні існує значна кількість робіт з проблематики інвестиційного потенціалу як зарубіжних так і вітчизняних авторів. Проте, однозначне розуміння поняття «інвестиційний потенціал», як і багатьох інших



економічних понять – відсутня. Така відсутність узгодженої термінології часто призводить до суперечливості методологічних підходів, а також злиття та підміни багатьох понять. Це, в свою чергу, не лише стає на заваді встановленню системного зв'язку між поняттями, виявлення специфіки їх застосування, а також обмежує вибір методологічного інструментарію дослідження.

Семантичне поле поняття «інвестиційний потенціал» почало змінюватись у вітчизняній економічній думці з розвитком поглядів на інвестиційну діяльність та сутність капіталовкладень, які вилились у активні дослідження з середини 90-х років. Проте до сьогодні в даному науковому напрямку відсутня однаковість досліджень щодо його сутності.

Значний внесок у розвиток теорії інвестиційного потенціалу зробили ряд вітчизняних та зарубіжних науковців таких як Абдужабаров А. Х. [15], Бельянинов А. Ю. [16], Борисова Н. В. [17], Бочаров В. В. [18], Брикля О. А. [19], Горлов О. В. [20], Губанова О. С. [21], Дідик Л. М. [24], Должанський І. З. [25], Кортіна С. Б. [26], Леонов С. В. [27, 28], Лосева С. А. [29], Марголін А. М. [30], Маринич І. А. [31], Новіков М. І. [32], Ройзман І. [33; 34], Романова Т. В. [35], Семикіна О. Ф. [36], Сіпко Л. А. [37], Сухінова С. Е. [38], Толстолесова Л. А. [39], Тумусов Ф. С. [40], Федонін О. С. [41], Харламова Г. О. [42], Хачатурова Т. С. [43], Царев В. В. [44] та багато інших.

Особливу увагу слід приділити дослідженню вітчизняного науковця С. В. Леонова [27, 28], який систематизував більшість досліджень та виокремив такі науково-методологічні підходи до розуміння сутності економічної категорії «інвестиційний потенціал»:

- Ресурсний;
- Ринковий;
- Імовірнісний;
- Структурний;
- Результативний;

- Ємнісний.

Так, за ресурсним підходом інвестиційний потенціал трактується лише як сукупність ресурсів, наявних потужностей суб'єктів господарювання. Проблема оцінювання інвестиційного потенціалу в такому випадку зводиться до визначення вартості доступних ресурсів, а рівень використання інвестиційного потенціалу визначається відношенням отриманого результату до обсягу задіяних ресурсів.

З цих позицій Н. В. Борисова [17] зазначає, інвестиційний потенціал визначається, як сукупність ресурсів, що накоплені в результаті попередньої господарської діяльності суб'єкта, які можна використовувати для забезпечення інвестиційної діяльності.

О. Ф. Семикіна [36] трактує інвестиційний потенціал, як сукупність ресурсів, властивостей та особливостей, що забезпечують зростання дохідності капіталу та конкурентоспроможності підприємства у довготривалій перспективі.

А. М. Марголін і А. Я. Бистряков розглядають інвестиційний потенціал як впорядковану сукупність інвестиційних ресурсів, що дозволяє досягти ефекту синергізму при їх використанні [30]. Автори звернули увагу на доцільність розширення сукупності матеріальних, фінансових і інтелектуальних ресурсів, які традиційно враховуються при формуванні інвестиційного потенціалу, включаючи такі види ресурсів, як природні та інформаційні. Автори, ставлячи собі за мету забезпечення відтворення капіталу, розглядають потенціал окремо від цілей розвитку економічної системи.

У деяких роботах під інвестиційним потенціалом розуміються «можливості і наявні ресурси для інвестування, що складаються під впливом системи чинників і умов для інвестування, що реалізуються через формування інвестиційних потоків» [45].

Відповідно до ринкового підходу інвестиційний потенціал ототожнюється з потенційним попитом на ресурси на ринку капіталу.

З цих позицій Ф. С. Тумусов [40] пропонує розглядати інвестиційний потенціал як «сукупність ресурсів, що відносяться до інвестиційних за критерієм можливості їх внеску в уставний капітал підприємства, яка представлена на інвестиційному ринку у формі потенційного інвестиційного попиту, здатного перетворитися у реальний інвестиційний попит, що забезпечує задоволення потреб відтворення капіталу». Основою для такого трактування поняття інвестиційний потенціал автор обрав підхід, що викладено у роботах В. В. Бочарова [46], який стверджував, що інвестиційна діяльність здійснюється на ринку інвестицій, визначальним компонентом якого є збіг, рівновага попиту та пропозиції. При цьому важливо враховувати два виду попиту: потенційний попит і конкретний – як реальна пропозиція капіталу. Потенційний попит характеризується тим, що власники інвестиційних ресурсів володіють накопиченим капіталом, мають бажання направити його в інвестиційну сферу з метою відтворення капіталу, але не перетворюють його з тих чи інших причин в реальну пропозицію капіталу. Такий потенційний попит, за В. В. Бочаровим, є формальним – як інвестиційний потенціал, джерело майбутнього інвестування. Дане положення можна оскаржити, так як потенційний попит, визначений за даного підходу, носить нестійкий характер, а потенційні інвестиційні потреби безмежні.

Відповідно до імовірнісного підходу категорія “інвестиційний потенціал” зводиться до сукупності можливостей для інвестування, які складаються під впливом системи факторів та умов, реалізуються через формування інвестиційних потоків. Інвестиційний потенціал при цьому розглядається як імовірнісна можливість накопичення суб’єктом господарювання відповідного обсягу ресурсів для подальшого інвестування.

З цих позицій Л. А. Толстолесова [39] визначає інвестиційний потенціал, як потенційну можливість, що дозволяє акумулювати необхідний об’єм фінансово-інвестиційних ресурсів для забезпечення інвестиційної діяльності. Дещо схожої думки притримується Л. А. Сіпко [37], яка розглядає

інвестиційний потенціал, як можливість підприємства інвестувати у свій власний розвиток, купуючи різноманітні активи та створюючи додаткові фінансові потоки. А. Х. Абдужабаров [15] підкреслює, що інвестиційний потенціал – сукупність інвестиційних можливостей з використання даних об'єктів, з урахуванням їх життєвого циклу, територіального розміщення та конкуренції.

У своїй роботі «Управління потенціалом підприємства» І. З. Должанський стверджує, що інвестиційний потенціал це: «сукупність інвестиційних можливостей, використання яких спрямовано на досягнення цілей інвестиційної стратегії» [25].

Цікавим є підхід О. С. Федоніна, який розглядає інвестиційний потенціал, як: «...наявні та приховані можливості для здійснення простого розширеного відтворення» [41].

Відповідно до структурного підходу інвестиційний потенціал трактується винятково як структурний елемент потенціалів вищого порядку, зокрема – економічного.

В роботі [16] зазначається, що активізація інвестиційного процесу характеризується трьома групами факторів (рис. 1.1):

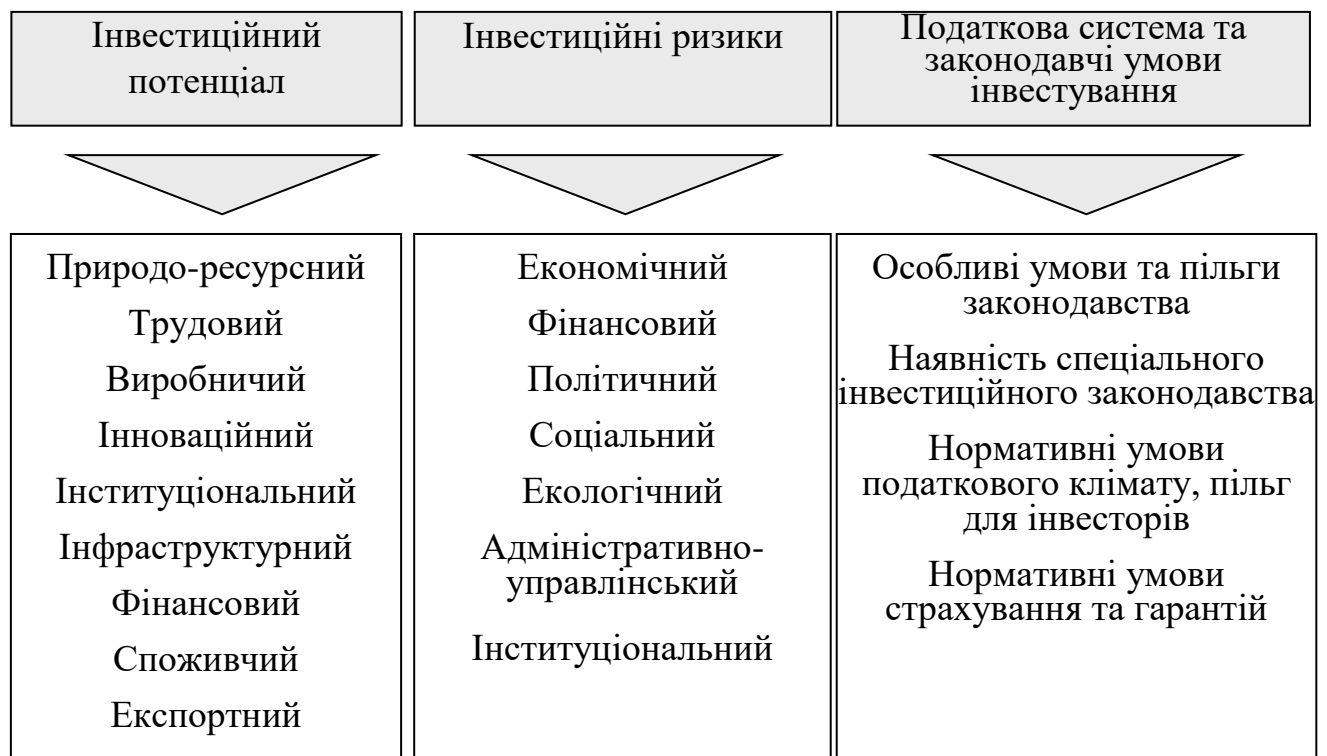
- інвестиційний потенціал;
- інвестиційні ризики;
- податкова система та законодавчі умови інвестування.

При цьому інвестиційний потенціал складається з ряду факторів, серед яких: природо-ресурсний, трудовий, виробничий, інноваційний, інституціональний, інфраструктурний, фінансовий, споживчий та експортний.

Також зазначається, що інвестиційна діяльність, як і будь-яка інша економічна діяльність, об'єктивно пов'язана з ризиками. Система факторів, що характеризують інвестиційні ризики, може бути зведена до оцінювання загальних умов господарювання. З цих позицій виділено економічний,

фінансовий, політичний, соціальний, екологічний, адміністративно-управлінський та інституційний фактори ризику.

В цей же час, для формування сприятливого інвестиційного клімату, збільшення об'ємів іноземних інвестицій має здійснюватися ряд урядових дій, що спрямовані на вдосконалення законодавства та інформаційного забезпечення інвесторів, покращення податкового, митного та валютного регулювання тощо. Тож, податкову систему та законодавчі умови для інвестування розкрито наступними факторами: умови та пільги законодавства, наявність спеціального інвестиційного законодавства, умови податкового клімату та пільг для інвесторів та умови для страхування та гарантій.



*Рис. 1.1. Структура факторів, що характеризують інвестиційний процес*

Відповідно до результатного підходу інвестиційний потенціал трактується як здатність до досягнення певної віддачі від використовуваних ресурсів незалежно від їх виду, або з позицій оцінювання економічних результатів поточної та майбутньої господарської діяльності. Оцінювання інвестиційного потенціалу в такому випадку зводиться до оцінки

максимального результату, який суб'єкт дослідження здатен отримати при наявній кількості, якості та структурі інвестиційних ресурсів.

Відповідно до ємнісного підходу інвестиційний потенціал трактується як інвестиційна ємність (деяка гранична величина інвестицій), тобто здатність суб'єкта дослідження (території, підприємства, підсистеми тощо) "поглинати капітал", що залежить від ряду об'єктивних та суб'єктивних факторів.

Таким чином С. В. Леонов пропонує відносно ґрунтовний структурний підхід для визначення поняття «інвестиційного потенціалу».

Паралельно існує точка зору групи авторів, згідно з якою при визначенні інвестиційного потенціалу слід враховувати, як ресурсний аспект, так і аспект можливості його реалізації. Так С. Б. Кортіна [47] розглядає інвестиційний потенціал підприємства, як його здатність реалізувати можливості, які містяться в інвестиційних ресурсах. В матеріалах дослідження О. А. Бриклі [19] зазначається, що інвестиційний потенціал підприємства відображає сукупність його ресурсів, а також умов і можливостей їх ефективного використання. Новіков М. І. [32] визначає інвестиційний потенціал підприємства, як здатність підприємства ефективно використовувати наявні інвестиційні ресурси для реалізації інвестиційних можливостей.

Деякі автори виділяють поняття «фінансово-інвестиційного потенціалу», який складається з фінансового потенціалу та інвестиційного потенціалу. З цих позицій С. А. Лосева [29] зазначає, що фінансовий потенціал характеризується фінансовою незалежністю, стійкістю та кредитоспроможністю (ліквідністю), а інвестиційний потенціал складається під впливом двох основних груп факторів: фактори, що обумовлюють накопичення інвестиційних ресурсів та факторів, які впливають на формування інвестиційних потреб суб'єкта господарювання.

Особливу увагу слід приділити розкриттю категорії «інвестиційний потенціал» на основі галузевого підходу. В цьому випадку ототожнюється

інвестиційний потенціал і комплекс фондоутворюючих галузей. На думку Т. С. Хачатурова, В. П. Красовського [43], інвестиційний потенціал включає в себе «будівельну індустрію, виробництво машин та устаткування для нових, які розширюються і реконструюються та виробництво конструкційних матеріалів і будівельних машин, використовуваних у капітальному будівництві». Відбувається стиснення сутності інвестиційного потенціалу і зведення цієї категорії до категорії «виробничий потенціал», рівень якого визначається розвитком найбільших промислових і транспортних підприємств регіону, або до категорії «будівельний потенціал», яка характеризується параметрами капіталомісткості будівельних робіт, приросту національного доходу на одиницю вкладених коштів, потужностей будівельних організацій тощо.

Досить широке тлумачення запропоновано в роботах І. Ройзмана [33; 34], де інвестиційний потенціал економічної системи розглядається, як матеріальна основа забезпечення динаміки соціально-економічного розвитку, кількісні та якісні характеристики якого відображають впорядковану сукупність інвестиційних ресурсів, що включають матеріально-технічні, фінансові та нематеріальні активи (володіння правами власності на об'єкти промисловості, видобуток корисних копалин, акумулювання інформації в сфері соціально-економічних, ринкових відносин, накопичений досвід тощо).

В наш час в літературі досить часто поруч з інвестиційним потенціалом описуються інтегральні критерії оцінювання ефективності інвестиційної діяльності на різних рівнях дослідження. Поруч з ними використовуються поняття «інвестиційний клімат» та «інвестиційна привабливість». При цьому дані поняття досить часто ототожнюються.

Згідно дослідження О. В. Горлова [20] інвестиційний потенціал та інвестиційний ризик у своїй сукупності формують інвестиційний клімат (див. рис. 1.2). В свою чергу, інвестиційна привабливість розглядається, як результат взаємодії інвестиційної політики та інвестиційного клімату. В

результаті впливу інвестиційної активності (внутрішні, зовнішні та іноземні інвестиції) на інвестиційну привабливість формуються ряд позитивних результатів від інвестиційної діяльності – ріст економіки, дохід інвестора тощо. Така позиція ґрунтується на первинності інвестиційного клімату, який зумовлює інвестиційну привабливість.

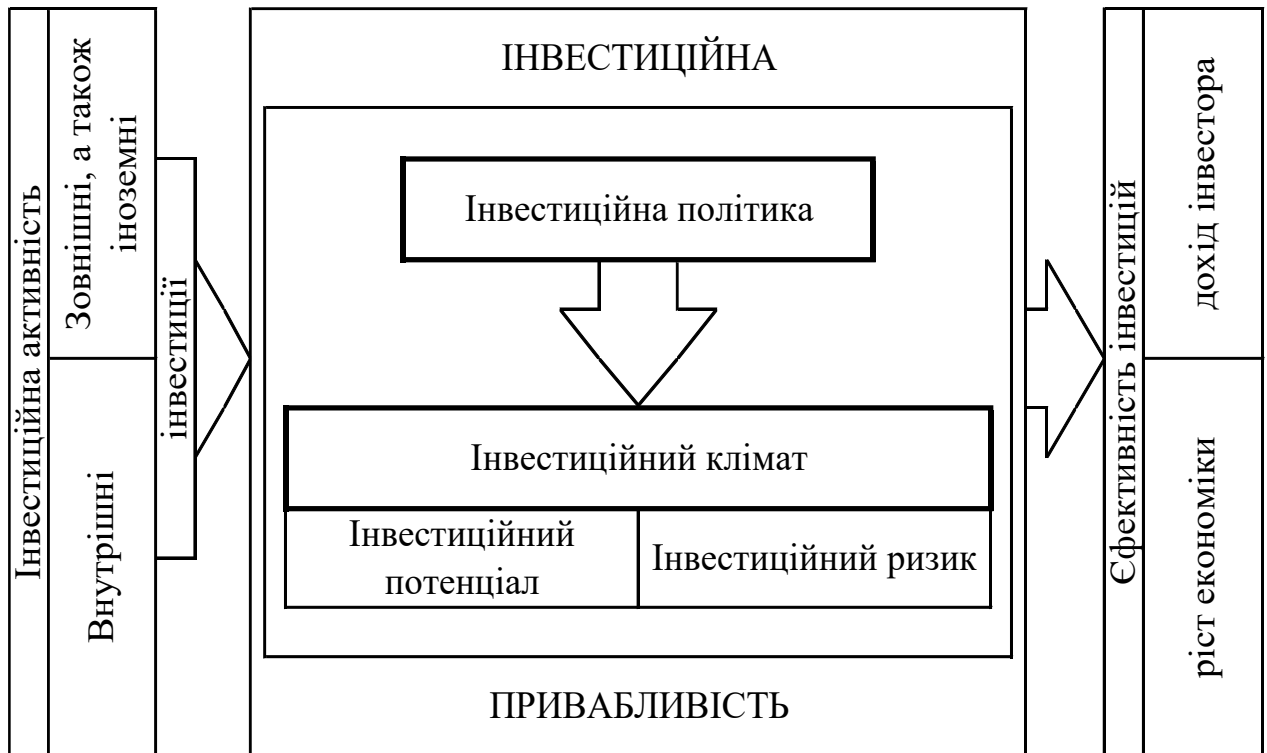


Рис. 1.2 Інвестиційне середовище за Горловим А. В. [20]

За підходом С. Е. Сухінової [38] сукупність інвестиційного потенціалу та інвестиційного ризику формує інвестиційну привабливість (див. рис. 1.3). У той же час, в результаті взаємодії інвестиційної привабливості та інвестиційної активності формується інвестиційний клімат. При цьому така структура інвестиційного клімату враховує:

1. диференціацію інвестиційного клімату по різним рівням економіки;
2. формування інвестиційного клімату під впливом цілісної сукупності об'єктивних факторів;



3. незвідність інвестиційного клімату національної економіки до сукупності інвестиційних кліматів галузей або регіонів (властивість синергізму);

4. виникнення різноманітних ризиків як наслідок відповідних умов.

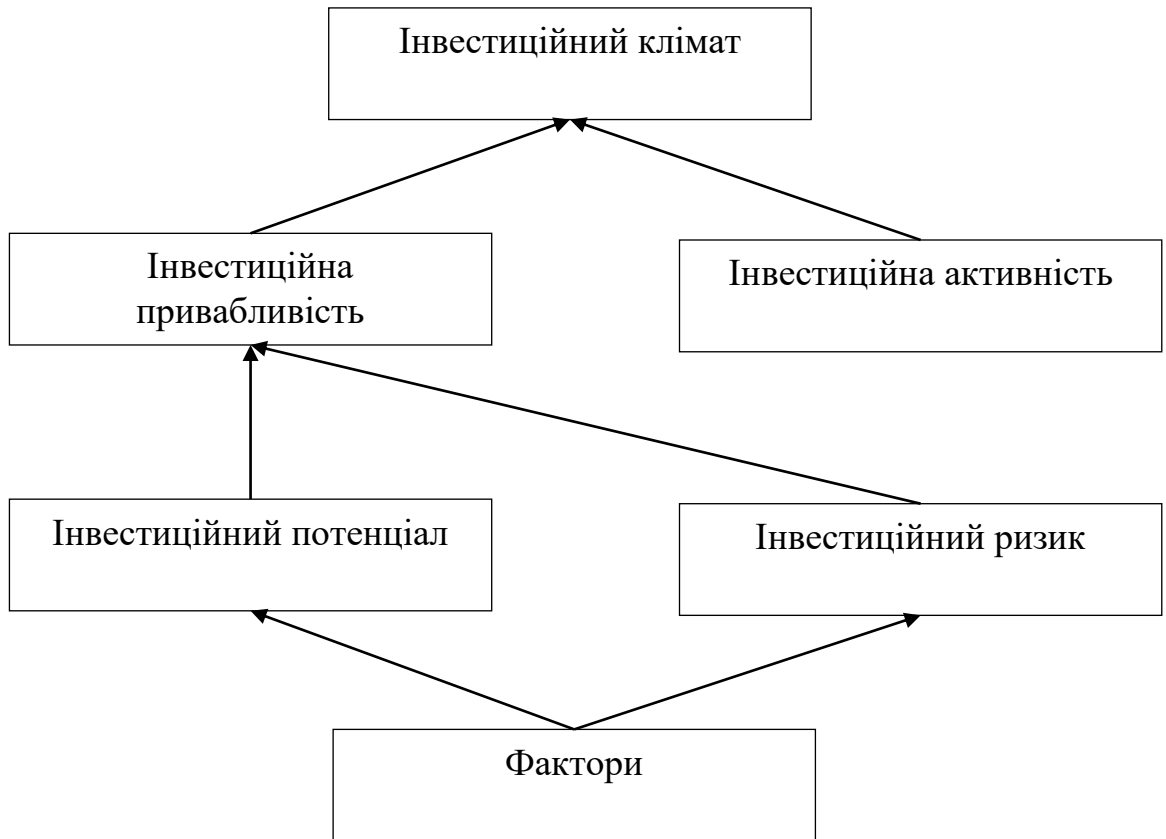
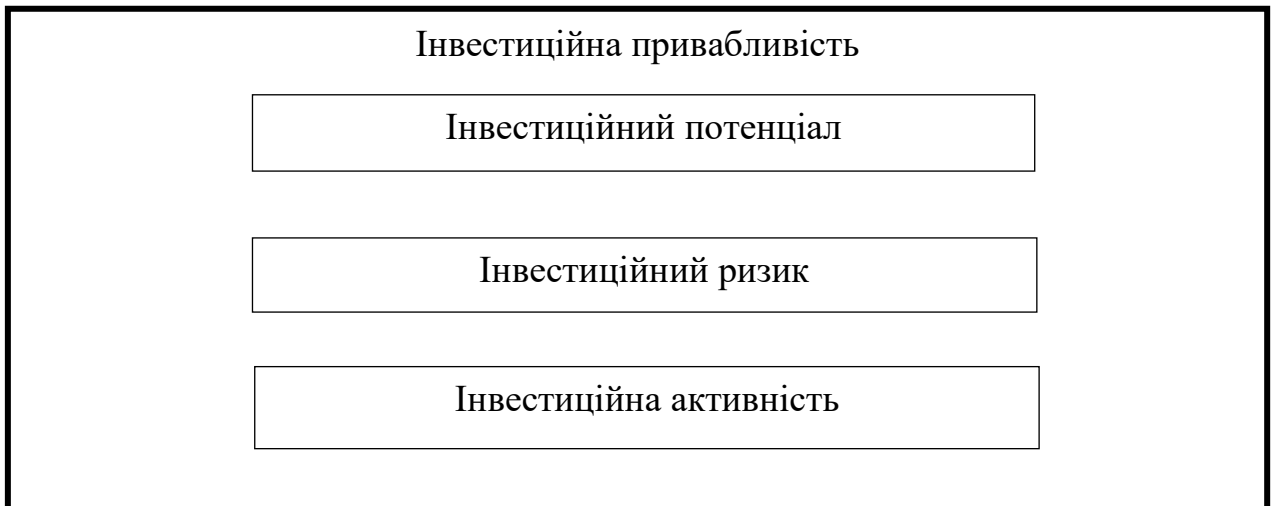


Рис. 1.3. Структура інвестиційного клімату за Сухіною С. Е. [38]

Дещо інші пропорції взаємозв'язку категорій інвестиційної проблематики розкриті в роботах Г. О. Харламової [42], де інвестиційний потенціал є функціональною частиною формування інвестиційної привабливості в сукупності з інвестиційним ризиком та інвестиційною активністю (рис. 1.4). При цьому кожна з трьох складових інвестиційної діяльності об'єкта включає відповідні фактори. Так, інвестиційний потенціал включає виробничий капітал, інноваційний потенціал (інноваційне середовище), інституціональний потенціал, інфраструктурний потенціал, людський капітал, природно-географічний потенціал, споживчий потенціал та фінансовий потенціал.

Деякі аналітики вважають, що показник інвестиційної привабливості – це зворотній показник інвестиційного ризику. Проте ступінь інвестиційного ризику – це лише одна із складових кількісного оцінювання інвестиційної привабливості [48]. Інвестиційний ризик характеризує ймовірність втрат інвестицій та доходу від них. Він показує, чому не слід (або потрібно) інвестувати у даний об’єкт дослідження [49].



*Рис. 1.4. Структура взаємозв'язку категорій інвестиційної проблематики за Харламовою Г. О. [42]*

В той же час, як зазначають деякі аналітики [48], інвестиційний клімат включає в себе інвестиційну привабливість і інвестиційну активність, що визначаються об’ємами капіталовкладень на душу населення, темпами зміни об’ємів інвестицій. Інвестиційна привабливість – це сукупність сприятливих для інвестування факторів, що характеризують інвестиційний клімат. Інвестиційний клімат включає в себе об’єктивні можливості (інвестиційний потенціал) та умови діяльності інвестора (інвестиційний ризик). Інвестиційний потенціал складається з суми об’єктивних передумов для інвестицій, що залежать від наявності і різноманіття сфер і об’єктів інвестування, а також економічного «здоров’я» об’єкту дослідження. Потенціал країни в своїй основі – це кількісна характеристика, що враховує основні макроекономічні показники, насичення території факторами

виробництва (природними ресурсами, робочою силою, основними фондами, інфраструктурою тощо), споживчий попит населення тощо [49].

У своїй роботі В. В. Царьов [44] визначає інвестиційний клімат, як сукупність соціально-економічних, політичних і фінансових факторів, які визначають ступінь привабливості інвестиційного ринку та обумовлюють величину інвестиційного ризику (рис. 1.5). Інвестиційний клімат, на його думку, включає в себе два основних компонента: об'єктивні можливості окремого підприємства, регіону, країни (інвестиційний потенціал) та умов діяльності інвестора (інвестиційний ризик). Інвестиційний потенціал формується, як сума об'єктивних передумов для інвестування, що залежить як від наявності і різноманіття сфер та об'єктів інвестування, так і від їх фінансового та економічного стану. Потенціал за своєю природою – кількісна характеристика, що враховує основні макроекономічні показники, наявність необхідних факторів виробництва (робочої сили, основних фондів, інфраструктури тощо), а також платоспроможність та відповідно споживчий попит населення.

У дослідженні Губанової О. С. «Методологические основы систематизации понятий инвестиционной проблематики исследования» запропоновано ієрархічну структуру інвестиційних понять (див. рис. 1.6) [21]. В даній роботі інвестиційний потенціал розглядається, як «здатність інвестиційної сфери реалізувати можливості, що формуються на базі інвестиційних ресурсів, з метою отримання максимального позитивного результату...».

*Узагальнюючи аналіз співвідношень категорій інвестиційної проблематики, слід зазначити, що інвестиційний клімат тісно пов'язаний з державним регулюванням економіки та інвестиційною діяльністю. Інвестиційна привабливість, здебільшого, це суб'єктивна, сформована в результаті певних дій думка інвестора щодо об'єкта інвестування. На нашу думку, співвідношення категорій «інвестиційний клімат» та «інвестиційна*

привабливість» слід розділяти у розрізі конкретного об'єкта інвестиційної діяльності [12, 13].

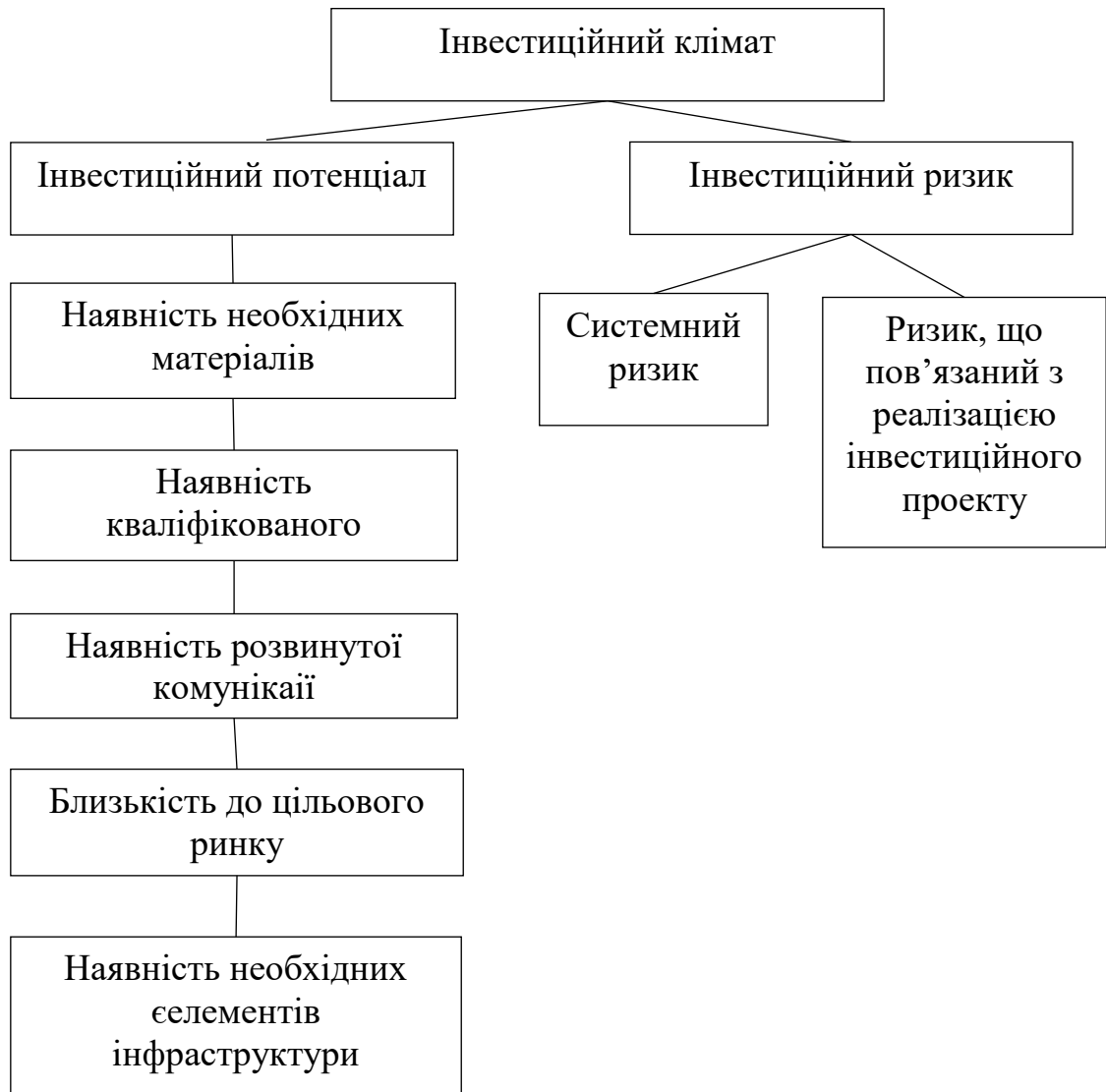
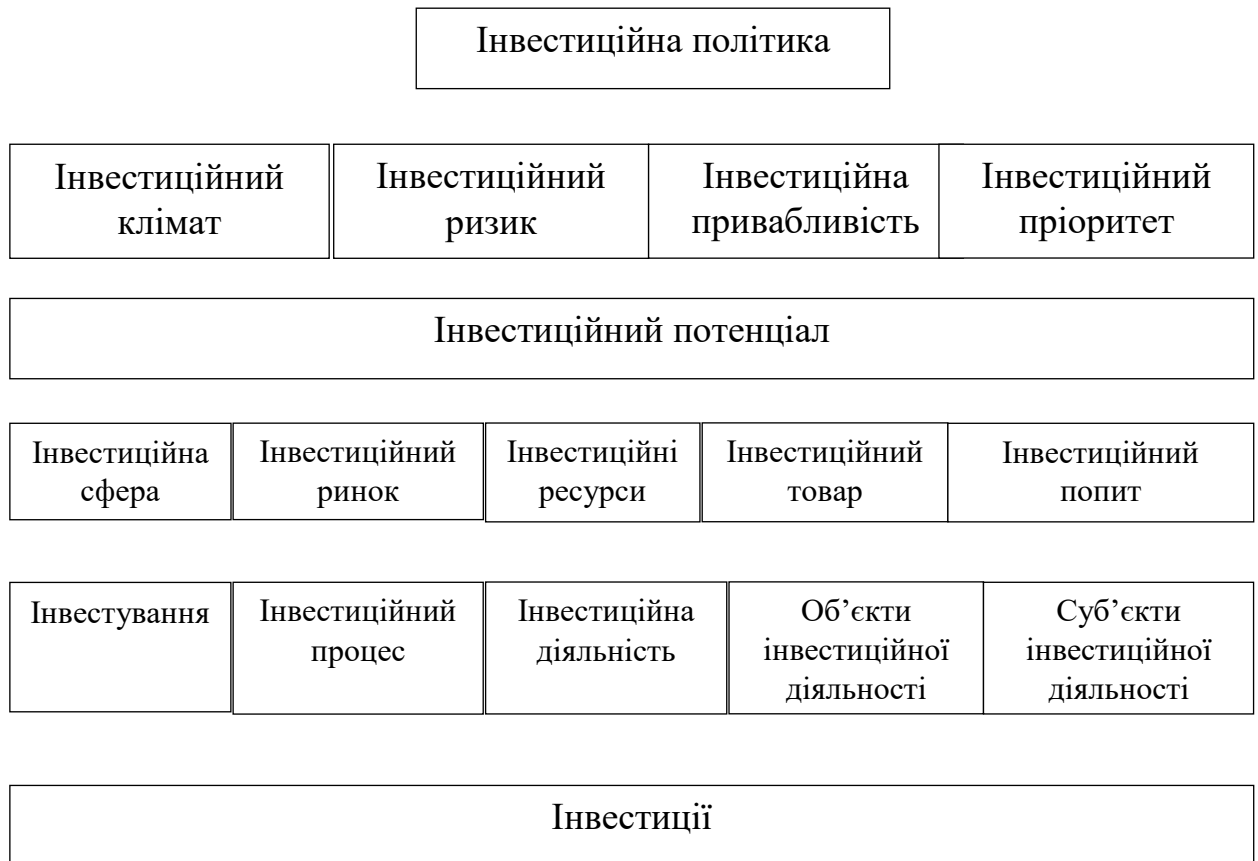


Рис. 1.5. Складові інвестиційного клімату за Царьовим В. В. [44]

На думку багатьох дослідників, аналіз сучасної наукової літератури з досліджуваного питання дозволяє виділити декілька рівнів дослідження інвестиційного потенціалу, а саме: макрорівень, мезорівень та мікрорівень.

Так, макрорівень інвестиційного потенціалу формується здебільшого навколо економіки країни в цілому, за умови врахування її міжнародних зв'язків, тенденцій розвитку, конкурентоспроможності на світовій арені.

В той час як в рамках мезорівня інвестиційний потенціал ототожнюється з галузевою та регіональною структурою економіки.



*Рис. 1.6. «Термінологічна піраміда» інвестиційної проблематики за Губановою О. С. [21]*

Що стосується мікрорівня, в його межах досліджується інвестиційний потенціал, відповідно, підприємств, домогосподарств тощо.

Слід зазначити, що переважна більшість досліджень присвячена саме інвестиційному потенціалу регіону та підприємства.

*Підсумовуючи викладене вище, інвестиційний потенціал країни автор пропонує розуміти як відображення можливості залучення інвестиційних ресурсів з врахуванням умов для інвестування, готовності економічної системи до сприйняття та адекватне реагування на них з метою досягнення її стратегічних цілей [23].*

Використання даного тлумачення означає, що інвестиційний потенціал представляє собою сукупність наявних ресурсів суспільства, держави, підприємства або будь-якої іншої соціально-економічної структури, які можуть бути використані для здійснення інвестиційної діяльності.

## 1.2. Аналіз сучасних методів і моделей оцінювання інвестиційного потенціалу

Слід зазначити, що одним з головних джерел формування диспропорції економічного розвитку країни та її регіонів є, перш за все, низький рівень інвестиційної активності [22]. Даний факт свідчить, що дослідження та оцінювання інвестиційних можливостей суб'єктів інвестиційної діяльності є важливим кроком до вирішення даного питання.

Перші спроби оцінити інвестиційний потенціал почалися з другої половини ХХ століття. Дослідження вчених того часу були сфокусовані переважно на аналізі інвестиційного потенціалу різних країн та базувались на експертно-рейтинговому підході, який і сьогодні є широко розповсюдженим, особливо в розвинених країнах. Зокрема, саме такий підхід лежить в основі аналітичних досліджень таких відомих міжнародних рейтингових агентств як Standart&Poors, Moody's та Fitch.

Питанням оцінювання інвестиційного потенціалу займаються також велика кількість авторитетних установ. Зокрема спеціалісти Світового банку, інституту Business Environment Risk Intelligence та аналітичні групи таких всесвітньовідомих економічних видань як «Euromoney», «Fortune», «The Economist», приділяють даному питанню значну увагу. На основі їх досліджень будуються рейтинги національних економік та окремих регіонів. Методів складання подібних рейтингів пропонується досить багато, але складність їх оцінювання вбачається в тому, що розробники не дають детальних описів запропонованих методів. Проте, на основі зібраної інформації можна дійти висновку, що:

- в якості вхідної інформації використовуються статистичні дані з розвитку об'єкту дослідження, законодавчі акти, що мають вплив на регулювання інвестиційної діяльності, результати досліджень та опитувань;
- при побудові практично всіх рейтингів використовуються експертне оцінювання. Вітчизняні та іноземні експерти залучаються для

формування набору вхідних показників, за якими оцінюються інвестиційні можливості об'єкту дослідження, оцінки вагових коефіцієнтів цих показників у результуючій інтегральній оцінці.

Розглянемо низку відомих методів оцінювання інвестиційного потенціалу та привабливості, які розроблені вітчизняними та іноземними спеціалістами [13].

Американський дослідний центр «The Heritage Foundation» разом з газетою «The Wall Street Journal» розробили комбінований експертно-аналітичний показник і супроводжуючий його рейтинг Index of Economic Freedom (Індекс економічної свободи), що оцінює рівень економічної свободи країн світу. Економічна свобода трактується, як «відсутність урядового втручання та перешкоджання виробництву, розподілу та споживанню товарів і послуг. Оцінювання ґрунтується на десяти кількісних та якісних факторів, які згруповані у чотири загальні категорії економічної свободи: верховенство закону (права власності та свобода від корупції), урядові обмеження (фіскальна свобода та державні витрати), нормативна ефективність (свобода бізнесу, свобода праці, грошова свобода) та відкритість ринку (свобода торгівлі, інвестиційна свобода, фінансова свобода). Кожна з представлених «свобод» оцінюється за шкалою від 0 до 100. Інтегральна оцінка економічної свободи країни визначається як середнє значення зазначених «свобод». Вагові коефіцієнти розподілені рівномірно між всіма 10 факторами. Для оцінювання збирається інформація про країну за останні півтора-два роки.

Істотним недоліком даного методу є суб'єктивізм представлених даних. Результати дослідження базуються на судженнях ряду експертів, що сформуvalи свої думки під впливом певних зовнішніх і внутрішніх факторів.

Інше рейтингове агентство «Експерт-Рейтинг» [50] розглядає інвестиційну привабливість регіону у розрізі двох складових: інвестиційного потенціалу та інвестиційного ризику.

Інвестиційний потенціал розглядається, як сукупність об'єктивних

передумов для інвестування, що залежить від наявності і різноманіття сфер та об'єктів інвестування, а також їх економічного стану. Величина інвестиційного потенціалу визначається значеннями природо-ресурсного, трудового, виробничого, інноваційного, інституціонального, інфраструктурного, фінансового, споживчого та туристичного потенціалів, кожен з яких описується низкою показників. Ранг регіону визначається кількісною оцінкою його потенціалу, як частка в сумарному потенціалі всіх суб'єктів дослідження.

Інвестиційний ризик характеризується ймовірністю втрати інвестицій та доходу від їх реалізації. Він акумулює сім часткових видів ризику: економічний, фінансовий, політичний, соціальний, законодавчий, екологічний та кримінальний. Ранг ризику кожного регіону визначається за значенням індексу інвестиційного ризику – відносному відхиленню від середнього значення рівня ризику в країні.

Загальним показником інвестиційного потенціалу або ризику виступає сума множини середньозважених оцінок по групам факторів:

$$I_{nom.(риз.)} = \sum_0^h I_j k_j, \quad (1.1)$$

де  $I_{nom.(риз.)}$  – загальна зважена оцінка інвестиційного потенціалу або ризику;

$I_j$  – оцінка  $j$ -го показника (фактора);

$k_j$  – ваговий коефіцієнт, що відображає відносну значущість  $j$ -го показника (фактора) в оцінці інвестиційного потенціалу або ризику;

$h$  – кількість потенціалів або ризиків.

Визначення вагових коефіцієнтів кожної складової у сукупний потенціал визначається за результатами опитування серед залучених експертів. Результатом запропонованої методики є сформований рейтинг



регіонів країни.

Рейтингова оцінка базується на 124 показниках, серед яких 94 відносяться до потенціалу і 30 до ризику.

Вагомим недоліком даного підходу можна визнати відсутність об'єктивного критерію достовірності, адже вагові коефіцієнти розподілені досить суб'єктивно. Серед потенціалів найбільшу вагу мали природно-ресурсний і соціально-трудоий потенціали. У той же час серед ризиків найбільшу вагу було надано політичному, адміністративно-законодавчому, економічному та фінансовому. Іншою особливістю даного рейтингу є його виключно регіональний напрямок дослідження.

На основі існуючих підходів до складання рейтингового оцінювання, можна виділити наступні основні етапи їх побудови:

- Постановка проблеми та її якісний аналіз, який передбачає наявність певних знань про об'єкт дослідження;
- Визначення, збір, систематизація та аналітичне опрацювання інформації про об'єкт дослідження;
- Вибір та обґрунтування системи факторів та критеріїв їхнього оцінювання, які на думку експертів, формують інвестиційний потенціал;
- Визначення вектора вагових коефіцієнтів факторів, а також критеріїв оцінювання, які їх описують;
- Згортка критеріїв оцінювання та факторів до єдиного інтегрального значення – оцінки інвестиційного потенціалу;
- Аналіз результатів.

Що стосується академічного розгляду інвестиційного потенціалу, Ю. А. Дорошенко [51] визначає інвестиційний потенціал як «сумарний дохід, який може бути отриманий на протязі певного часу функціонування інвестиційних ресурсів» і пропонує розраховувати його наступним чином:

$$\Pi_n = \sum_1^i \sum_1^n \sum_1^t B_{\text{int}}^n K_{\text{int}}^n \frac{P_{\text{int}}}{(1+r)^t} + \sum_1^i \sum_1^n \sum_1^t B_{\text{int}}^H K_{\text{int}}^H \frac{\Phi_{\text{int}}}{(1+r)^t}, \quad (1.2)$$

де  $B_{\text{int}}^n$  – балансова вартість інвестиційного ресурсу n-го об'єкта і-ої галузі матеріального виробництва в t-му році;

$K_{\text{int}}^n$  – коефіцієнт зносу інвестиційного ресурсу n-го об'єкта і-ої галузі матеріального виробництва в t-му році;

$P_{\text{int}}$  – рентабельність інвестиційного ресурсу n-го об'єкта і-ої галузі матеріального виробництва в t-му році;

$r$  – норма дисконту в розмірі банківського відсотка;

$t$  – період життя інвестиційного ресурсу;

$B_{\text{int}}^H$  – балансова вартість інвестиційного ресурсу n-го об'єкта і-ої галузі нематеріального виробництва в t-му році;

$K_{\text{int}}^H$  – коефіцієнт зносу інвестиційного ресурсу n-го об'єкта і-ої галузі нематеріального виробництва в t-му році;

$\Phi_{\text{int}}$  – рентабельність інвестиційного ресурсу n-го об'єкта і-ої галузі нематеріального виробництва в t-му році.

Тим самим інвестиційний потенціал, за концепцією Ю. А. Дорошенко, – це поточна (дисконтована) вартість доходу, що утворюється в результаті використання виробничих фондів, що визначає рівень розвитку виробничої сфери та служить характеристикою однієї із сторін інвестиційного потенціалу. Виходячи з цього використання запропонованої Ю. А. Дорошенко методики для дослідження інвестиційного процесу обмежується припущеннями категорійного апарату і можливо тільки для дослідження виробничого потенціалу економічної системи.

У дослідженнях Р. І. Нудельмана [52] інвестиційний потенціал визначається як «сума амортизаційних відрахувань і чистого прибутку, що залишається після сплати податків», тобто як методологічну основу

використовується результативний підхід. У цьому випадку інвестиційний потенціал визначається як віддача використовуваних ресурсів:

$$ІП = D_0 - M_0 - V_0 - П_0(1 - n), \quad (1.3)$$

де  $ІП$  – інвестиційний потенціал підприємства;

$D_0$  – дохід підприємства в період  $t = 0$ ;

$M_0$  – матеріальні витрати підприємства;

$V_0$  – нормована величина витрат на оплату праці, що не оподатковується;

$П_0$  – прибуток підприємства;

$n$  – податкова ставка на прибуток.

Такий підхід не розкриває сутність категорії «інвестиційний потенціал», звужує сферу її застосування, оскільки відбувається ототожнення інвестиційного потенціалу з грошовим потоком від інвестиції.

В роботі Климової Н. І [53] інвестиційний потенціал визначається трьома компонентами: ресурсним, інфраструктурним та інституціональним. Згортання даних цих складових в інтегральний показник дозволяє характеризувати інвестиційний потенціал, як результат їх агрегованого взаємозв'язку та інвестиційну складову валового регіонального продукту. Автор запропонував схему співвідношень категорій інвестиційної проблематики за принципами наростання ступеня охоплення наданих ними інвестиційних відносин. Первинним у ній визнається поняття «інвестиції», а «інвестиційні ресурси», «інвестиційний потенціал», «інвестиційна активність», «інвестиційний клімат» та «інвестиційна привабливість» – похідними. Взаємозв'язок розглядається графічним методом за апріорно заданого досить малого часового періоду на двох стадіях: стадія формування умов, передумов і факторів и стадії фактичного інвестування. За результатами оцінювання наводиться класифікація регіонів за типами

інвестиційного клімату. Проте, автор не включає оцінювання інвестиційних ризиків в дослідження інвестиційного потенціалу регіону.

Спроба оцінити інвестиційний потенціал регіону як здатність до самофінансування, представлена в роботі С. Н. Ряскова [54]. У ній інвестиційний потенціал регіону ототожнюється з сумарним інвестиційним потенціалом підприємств, розташованих в даному регіоні, як первинних структур економіки та інвестиційної діяльності регіону. Даний підхід не дозволяє оцінити інвестиційний потенціал у повній мірі, оскільки увага зосереджується виключно на аналізі підприємств, виключаючи фізичних осіб та державні структури з дослідження.

Підхід запропонований Б. А. Чубом [55] пропонує розглядати інвестиційний потенціал регіону, як функцію від ряду параметрів факторів виробництва, макроекономічних показників, показників розвитку інституціонального середовища тощо:

При цьому фактори впливу пропонується розділяти на дві групи:

- умовно-постійні, рівень яких залишається незмінним при даному рівні розвитку технологій і суспільних відносин (природно-кліматичні, ресурсні, геополітичні тощо);
- змінні, які можуть бути змінені в рамках даного рівня технологічного розвитку.

Також пропонується введення коефіцієнтів значущості кожної групи факторів:

$$ИПР = k_1 \sum УПФ + k_2 \sum ЗФ, \quad (1.4)$$

де  $УПФ$  – умовно постійні фактори;

$ЗФ$  – змінні фактори;

$k_1$  – ваговий коефіцієнт умовно-постійних факторів;

$k_2$  – ваговий коефіцієнт змінних факторів.

Проте автор в процесі дослідження не наводить варіантів форм залежності факторів у групі, за замовченням наводячи виключно лінійну залежність. Хоча відомо, що більшість соціально-економічних процесів розвиваються нелінійно.

З метою моделювання взаємовпливу між надходженням прямих іноземних інвестицій, як одного з основних показників інвестиційної діяльності, та економічним розвитком України Г. О. Харламовою побудовано ряд економетричних моделей [42]. Так з метою надання інтегральної оцінки інвестиційної привабливості на підґрунті трьох інтегрованих складових (інвестиційний потенціалу, інвестиційний ризик, інвестиційна активність):

$$IF = f(GDP, IP, IR, IA) \quad (1.5)$$

$$IP = f(PC, InP, InstP, InfrP, HC, NGP, CP, FP) \quad (1.6)$$

$$IR = f(SR, ER, EcoR, CR) \quad (1.7)$$

$$IA = f(IF, RIA) \quad (1.8)$$

де  $IF$  – показник приросту прямих іноземних інвестицій;

$GPD$  – показник валового регіонального продукту;

$IP$  – інвестиційний потенціал об'єкту дослідження;

$IR$  – інвестиційний ризик об'єкту дослідження;

$IA$  – інвестиційна активність об'єкту дослідження;

$PC$  – виробничий потенціал;

$InP$  – інноваційний потенціал;

$InstP$  – інституціональний потенціал;

$InfrP$  – інфраструктурний потенціал;

$HC$  – людський капітал;

*NGP* – природо-географічний потенціал;

*CP* – споживчий потенціал;

*FP* – фінансовий потенціал;

*SR* – соціальні ризики;

*EcoR* – екологічні ризики;

*CR* – кримінальні ризики;

*IF* – інвестиційні потоки;

*RIA* – лагові авторегресійні змінні, показники ретроспективної інвестиційної активності.

Окрім цього запропоновано розрахунок показника ефективності реалізації інвестиційного потенціалу об'єкту дослідження як співвідношення інвестиційної активності до його потенціалу:

$$E = \frac{IA}{IP}, \quad (1.9)$$

де  $E$  – показник ефективності реалізації інвестиційного потенціалу об'єкту дослідження;

На думку автора у даному дослідженні досить ґрунтовно означені критерії проведення оцінки інвестиційної привабливості. Проте залишається відкритим питання щодо нелінійності взаємозв'язку між зазначеними факторами, що врешті може позитивно вплинути на якість запропонованих моделей.

У роботі О. Л. Камінського [56] запропоновано метод, що дозволяє експерту формувати набір показників оцінювання регіональних умов на основі класифікації останніх за видами інвестиційних потенціалів та ризиків. Експерту надається можливість обирати способи групування показників, методи оцінювання рядів їх значень і порядок розрахунку інтегральної оцінки. Здебільшого інтегральна оцінка даного підходу базується на думці експерта, що необхідно враховувати в процесі прийняття рішення.

Поруч з іншими дослідженнями виділяється підхід запропонований в роботі [57], що ґрунтується на використанні інструментарію статистичного кластерного аналізу. Також ряд методологічних підходів запропоновано у роботі Романової Т. В [35]. Проте, дані методи дослідження базуються суто на регіональній структурі країни.

Окремої уваги заслуговує роботи К. М. Мамонової [58; 59], яка досліджувала інвестиційну привабливість підприємства на підґрунті нечіткої логіки та нейромереж.

Більшість зазначених підходів передбачають необхідність формування незмінного набору показників та регулярного розрахунку на їх основі інтегральної оцінки. Їхньою перевагою є здатність відстежувати динаміку господарських, економічних, соціальних та інших процесів.

Очевидними слабкими сторонами подібних підходів є складність підбору, а головне обґрунтування ефективності використання конкретного набору критеріїв оцінювання. Також можна виділити складність інтерпретації результатів, отриманих в процесі оцінювання. Не завжди за інтегральними значенням можна чітко виділити та прослідкувати причинно-наслідкові зв'язки і тенденції розвитку інвестиційних процесів об'єкту дослідження.

Звичайно, для підвищення ефективності моделювання економічних систем, особливо в умовах недостатності та неоднорідності вхідної інформації все частіше використовується експертний підхід [60-62]. Проте, його застосування значно підвищує рівень суб'єктивності отриманих оцінок. Крім того, методи експертного аналізу є малоефективними в умовах багатокритеріальності.

Оскільки залежності між різними складовими експертних систем задається опираючись на припущення аналітика, експертні системи не потребують великої кількості математичних розрахунків та статистичних спостережень. Залучення експертів дозволяє обробляти одночасно якісну та кількісну інформацію про предмет дослідження.

Але, викликає питання суб'єктивність отриманих висновків, через те, що часто вони мають ситуативний характер, оскільки залежать не лише від рівня професіоналізму окремого експерта, його досвіду, але й від його психофізіологічних якостей. Таким чином висновки не завжди можуть бути адекватними, зокрема через здібності дослідника, тому що не можливо проводити одночасний аналіз великої кількості альтернатив. На підтвердження цього існують наукові дослідження, що констатують обмеженість людського мозку у сприйнятті великого об'єму інформації [63; 64].

Зважаючи на це, актуальною є потреба у пошуку нових, альтернативних підходів, які дозволять оцінити рівень інвестиційного потенціалу різних суб'єктів господарювання в умовах неоднорідності вихідної інформації.

*На думку автора, поєднання елементів нечіткої логіки та нейротехнологій дозволить вирішити такі проблеми моделювання соціально-економічних процесів, як неоднорідність та неповнота вихідної інформації, її багатокритеріальність, а також врахування неїлінійності взаємозв'язку.*

### **1.3. Теоретичні положення щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті теорії штучних нейронних мереж та нечіткої логіки**

В наш час значна розбіжність розповсюджених економіко-математичних методів із реаліями економіки призводить до появи альтернативних шляхів пояснення, що в свою чергу веде до необхідності створення нової наукової парадигми. Сучасний стан економічної науки підтверджує доцільність та необхідність розробки нової парадигми управління соціально-економічними суб'єктами, враховуючи ті колосальні

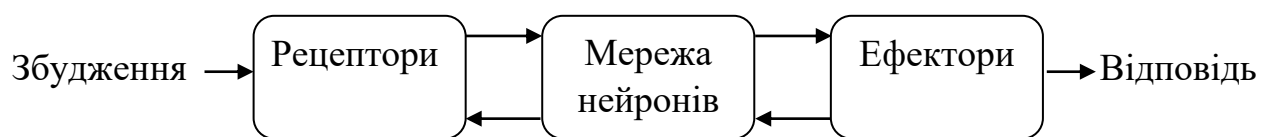


зміни у сучасному світі, які наростають із значною динамікою [65]. В той самий час, складність і навіть неможливість пояснення, аналізу та прогнозування існуючих економічних явищ та процесів на основі традиційного теоретичного підґрунтя зауважують все більше дослідників, зокрема [60]. Не оминув даний факт й процес оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

В роботі [66] зроблено висновок, що нейронні мережі є серйозною альтернативою традиційним статистичним методам та експертним системам.

Дослідження та розвиток штучних нейронних мереж пов'язано з однієї сторони з наміром розробити нові підходи та моделі, що гуртуються на деяких простих елементах під впливом певних біологічних аналогій, з іншої, спробами зрозуміти принципи роботи мозку людини. Мозок представляє собою надзвичайно складну, нелінійну систему обробки інформації. Він здатний організовувати свої структурні компоненти, нейрони, з метою виконання конкретної задачі в багато разів швидше, ніж сучасні комп'ютери.

Нервову систему людини можна інтерпретувати, як триступеневу систему (рис. 1.7) [67]. Центром такої системи є мозок, який представлений мережею нейронів. Він отримує інформацію, аналізує її та видає відповідні рішення.



*Рис. 1.7. Блочна діаграма нервової системи*

На рис. 1.7 стрілки, направлені зліва направо, позначають пряму передачу сигналів інформації в систему, а стрілки, направлені справа наліво, у відповідь реакцію системи. Рецептори перетворюють сигнали від тіла та з навколишнього середовища в електричні імпульси, що передаються в нейронну мережу (мозок). Ефектори перетворюють електричні імпульси, згенеровані нею, у вихідні сигнали [68].

Нейронна мережа – це величезний розподілений паралельний процесор, що складається з елементарних одиниць обробки інформації (нейронів), які накопичують експериментальні знання і надають їх для подальшої обробки.

Нейрон представляє собою одиницю обробки інформації. В загальному випадку модель нейрона, що лежить в основі штучної нейронної мережі показана на рис. 1.8 [68].

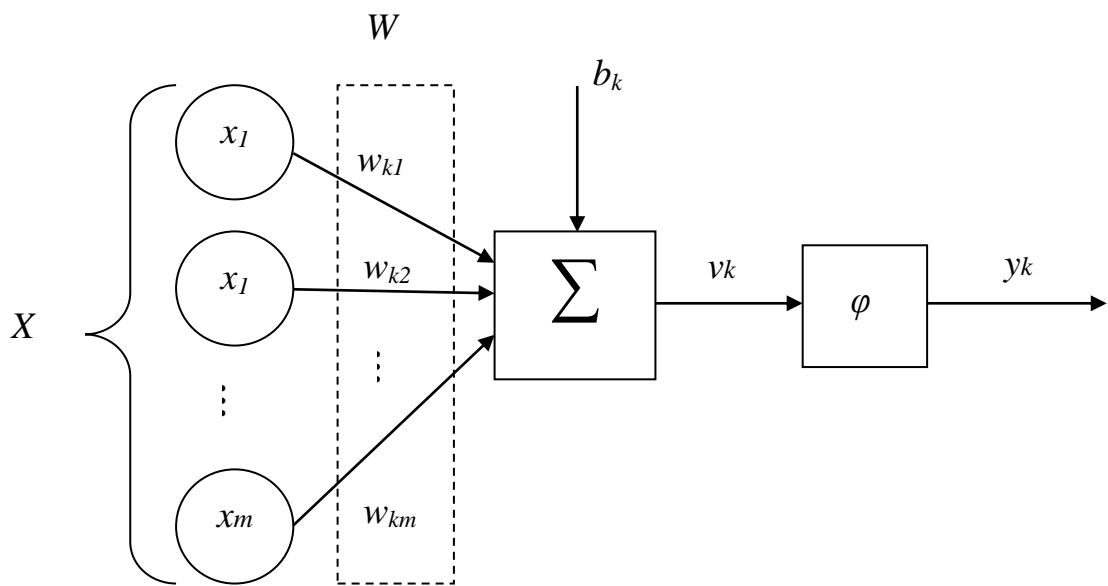


Рис. 1.8. Блок-схема моделі нейрона

У ній можна виділити три основні елементи:

1. *Набір синапсів*, кожен з яких характеризується своєю вагою. Зокрема, сигнал  $x_j$  на вході синапсу  $j$ , пов'язаного з нейроном  $k$ , множиться на вагу  $w_{kj}$ .
2. *Суматор*, додає вхідні сигнали, що зважені відносно відповідних синапсів нейрона.
3. *Функція активації* обмежує амплітуду вихідного сигналу нейрона. Зазвичай нормалізований діапазон амплітуд виходу нейрона лежить в інтервалі  $[0,1]$  або  $[-1, 1]$ .

З математичної точки зору функціонування нейрона  $k$  можна описати наступною парою рівнянь:

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j \quad (1.10)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k) \quad (1.11)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – вхідні сигнали;

$w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$  – синаптичні ваги нейрона  $k$ ;

$u_k$  – лінійна комбінація вхідних дій;

$b_k$  – пороговий елемент, що відображає збільшення або зменшення вхідного сигналу, що подається на функцію активації;

$\varphi$  – функція активації;

$y_k$  – вихідний сигнал нейрона.

На рис. 1.6 постсинаптичний потенціал розраховується за формулою:

$$v_k = u_k + b_k \quad (1.12)$$

Використання нейронних мереж забезпечує наступні корисні властивості систем [68], серед яких зазначмо наступні:

1. Нелінійність. Штучні нейрони можуть бути лінійними і нелінійними. Дана властивість є надзвичайно важливою, особливо якщо сам процес, який відповідає за формування вхідного сигналу, теж є нелінійним.

2. Адаптивність. Дана властивість реалізується у здатності адаптувати свої синаптичні ваги відповідно до змін навколишнього середовища. Зокрема, нейронні мережі, навчені діяти в певному середовищі, можуть бути легко перевчені для роботи в умовах незначних коливань параметрів середовища.

3. Універсальність аналізу і проектування. Нейронні мережі є універсальним механізмом обробки інформації. Це означає, що одне і те ж

проектне рішення нейронної мережі може використовуватися в багатьох предметних областях. Ця властивість проявляється декількома способами:

- Нейрони в тій чи іншій формі є стандартними складовими частинами будь-нейронної мережі. Ця спільність дозволяє використовувати одні і ті ж теорії і алгоритми навчання в різних нейромережевих додатках.
- Модульні мережі можуть бути побудовані на основі інтеграції цілих модулів.

За архітектурою зав'язків штучні нейронні мережі, можуть бути поділені на два класи: мережі прямого розповсюдження (з передачею сигналів) та рекурентні мережі або мережі із зворотними зв'язками (з передачею станів) [69]. Мережі прямого розповсюдження є статичними, тобто на заданий вхід вони виробляють одну сукупність вихідних значень, що не залежать від попереднього стану мережі. До таких мереж можна віднести одношаровий персептрон, багатшаровий персептрон [70], мережа радіально-базисних функцій [71], мережі типу Madaline [72] тощо. Рекурентні мережі – динамічні, за рахунок зворотних зав'язків в них модифікується вхід нейронів, що призводить до зміни стану мережі. Серед представників такого класу зазначимо мережі зустрічного розповсюдження, мережа Хопфілда [73], машина Больцмана [74], асоціативна пам'ять [75] тощо.

Важливою властивістю нейронних мереж є їх здатність навчатися і як результат, підвищувати свою ефективність. З точки зору нейронних мереж, навчання – це процес, у якому вільні параметри нейронної мережі налаштовуються на основі моделювання середовища, а тип навчання визначається способом налаштування цих параметрів [76].

В науковій літературі виділяють три парадигми навчання нейронних мереж: мережі, що навчаються з вчителем, без вчителя та змішана.

Нейронні мережі, що навчаються з вчителем, представляють собою засіб для отримання інформації про взаємозв'язки між входами і виходами нейромережі з певного набору даних в ході адаптивного ітераційного

процесу. Тобто, мережа маючи у розпорядженні правильні відповіді на кожен вхідний сигнал, налаштовує параметри моделі так, щоб надавати відповіді, що найбільш близькі до правильних.

Нейронні мережі, що навчаються без вчителя, не потребують інформації про правильні відповіді на кожен вхідний сигнал. У цьому випадку розкривається внутрішня структура даних, що дозволяє аналізувати, класифікувати, стискати вхідну інформацію, а також візуально представити великі обсяги даних.

Одним із прикладів подібних мереж є карта самоорганізації Кохонена [77]. Вона відноситься до класу нейромережових методів, що використовують нелінійну регресію. Процедура побудов карти самоорганізації потребує двох шарів нейронів: перший – вхідний, який містить нейрони для кожного елемента вхідного вектора, другий – вихідний, або решітка нейронів, що пов'язана з усіма нейронами вхідного шару. На відміну від інших нейронних мереж, дана не має жодного прихованого шару нейронів (рис. 1.9).

В картах самоорганізації нейрони розташовуються у вузлах решітки, зазвичай одно- або двовимірних. У загальному випадку алгоритм, що відповідає за формування карт самоорганізації починається з ініціалізації синаптичних ваг мережі. Після коректної ініціалізації мережі запускаються наступні три процеси [78]:

1. Конкуренція. Для кожного вхідного сигналу нейрони мережі розраховують відносні значення дискримінантної функції. Дана функція є основою процедури конкуренції серед нейронів.

2. Кооперація. Нейрон-переможець визначає просторове положення топологічного околу нейронів, за рахунок чого забезпечується базис для кооперації між нейронами (рис. 1.10).

3. Синаптична адаптація. Дана процедура дозволяє збудженим нейронам збільшувати власне значення дискримінантних функцій по відношенню до вхідних сигналів шляхом корегування синаптичних ваг.

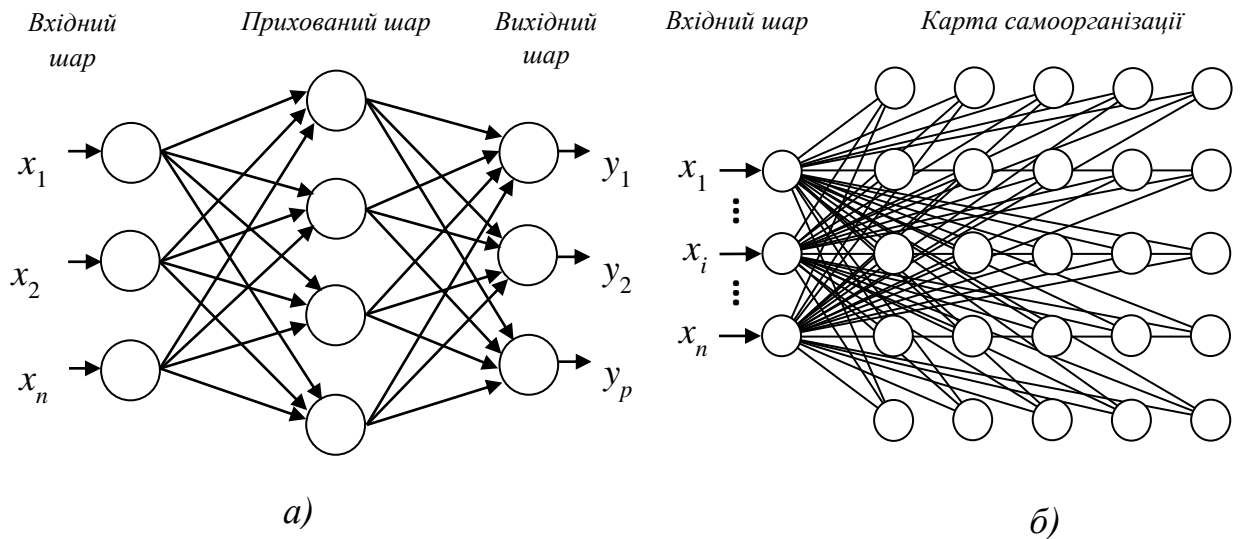


Рис. 1.9. Порівняння структури нейронних мереж: а) нейронна мережа, що навчається з вчителем; б) карта самоорганізації

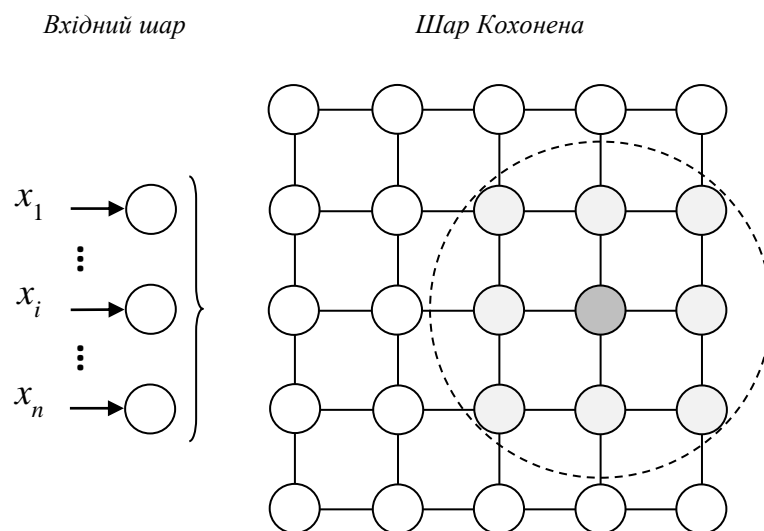


Рис. 1.10. Спрощена структура карти самоорганізації

Результатом побудованої карти самоорганізації найчастіше виступають топологічні карти вхідних сигналів, в яких просторове положення нейронів решітки є індикатором статистичних ознак вхідних сигналів.

Використання карт самоорганізації Кохонена дозволяє в процесі дослідження багатовимірних об'єктів виконувати наступні аналітичні операції:

- виявляти приховану (апріорі невідому) структуру сукупності багатовимірних даних за допомогою кластерів;

- описувати виявлені кластери на змістовному рівні в термінах розподілу значень ознак;
- визначати належність об'єкту до конкретного кластера;
- проводити порівняння позицій на карті, які займають об'єкти, оцінюючи при цьому ступінь їх відмінності;
- сортувати об'єкти по складних критеріях шляхом вибору на карті відповідних зон.

У той же час, в останні роки увагу багатьох дослідників в області систем штучного інтелекту привертають проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності, неповноти вихідних даних, якісних критеріїв та багатокритеріальності поставленої задачі. Саме в даних умовах перебуває задача оцінювання інвестиційного потенціалу країни. За цих обставин слід звернутися до однієї з найбільш вражаючих властивостей людського інтелекту – здатність приймати правильні рішення в обстановці неповної та нечіткої інформації. Побудова моделей наближених міркувань людини і використання їх в комп'ютерних системах представляє сьогодні одну з найважливіших проблем науки. Значний крок у цьому напрямку було зроблено професором Каліфорнійського університету Л. Заде [79-81]. Ці роботи заклали фундамент моделювання інтелектуальної діяльності людини, неточності інформації, прийняття рішень в умовах невизначеності та надали можливість описувати ці процеси у математичній формі.

Зосередимо увагу на основних можливостях, що дає використання теорії нечітких множин:

1. Створення штучного інтелекту, що схожий з інтелектом людини. На даний час існують конкретні приклади реалізації штучного інтелекту, що перевершує людські можливості за обсягом і швидкістю обробки інформації.
2. Використання інформації практично у будь-якій формі в задачах моделювання, управління, оптимізації та діагностики.

Система нечіткого висновку займає центральне місце в нечіткій логіці і системах нечіткого управління. Процес нечіткого висновку представляє

собою деяку процедуру або алгоритм отримання нечітких висновків на основі нечітких умов. Цей процес поєднує в собі концепцію теорії нечітких множин: функції належності, лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції тощо. Класична структура процесу нечіткого висновку представлена на рис. 1.11.

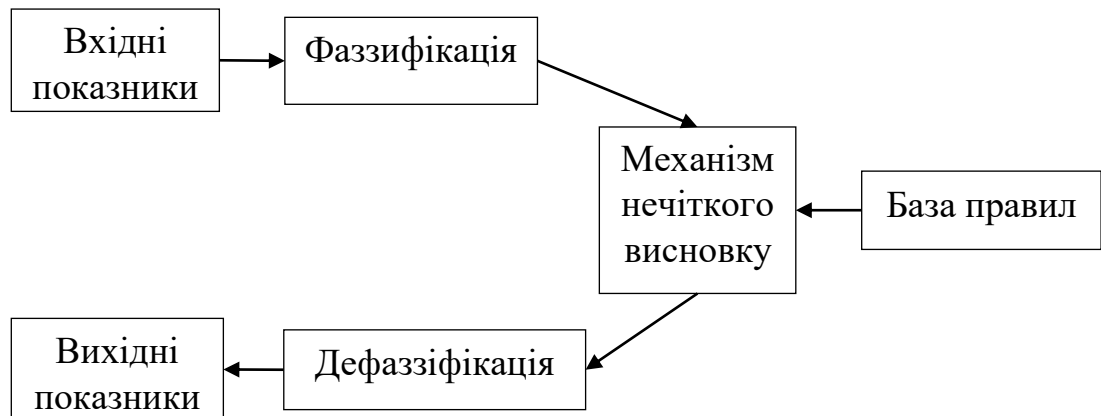


Рис. 1.11. Класична структура системи нечіткого висновку

Інформація, що подається на вхід системи нечіткого логічного висновку, представляє собою найчастіше певну сукупність показників, що описують досліджуваний об'єкт. Інформація, що формується на виході системи, відповідає вихідним змінним, що слугують результатом оцінювання, класифікації, прийняття певного рішення тощо.

Такі системи створюються з метою перетворення вхідної інформації у вихідну на основі використання певної сформованої бази правил, що оперує нечіткими лінгвістичними висловлюваннями. При цьому правила складаються з умов (condition) та висновків (conclusion).

Ще одне з центральних понять нечіткої логіки - лінгвістична змінна, що характеризується кортежем  $\langle \beta, T, X, U \rangle$ , де:  $\beta$  - назва лінгвістичної змінної;  $T$  - терм-множина значень, тобто множина лінгвістичних значень змінної  $X$ , причому кожне з таких значень характеризується нечіткою множиною, визначеною на універсальній множині  $U$ . Саме на формалізації вищезазначених понять ґрунтується процедура *фазифікації* (fuzzification).



Щодо *механізму нечіткого висновку* слід зазначити, що дана процедура представляє собою безпосереднє використання сформованих правил з метою визначення міри дійсності умов для кожного правила (aggregation), перетворення умов правил у їх висновок (activation) та отримання нечіткої множини для кожної з вхідної змінної (accumulation).

На етапі *дефаззифікації* (defuzzification) відбувається процедура отримання кількісних значень (crisp value) для кожної з лінгвістичних змінних, тобто отримання значення вихідної змінної.

Значний внесок в розвиток цієї теорії зробили видатні вчені, такі як Дюбуа Д. [82], Кофман А. [83], Мамдані Е. [84], Сугено М. [85], Такагі Т. [86], Танака Х. [87; 88], Терано Т. [89], Фукамі С. [90], Циммерман Х. [91], Цукамото Я. [92] та багато інших.

Дослідженню соціально-економічних систем та процесів з використанням елементів нечіткої логіки присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних вчених, таких, як А. В. Матвійчук [142], Ю. І. Мітюшкін, Б. І. Мокін [145], А. О. Недосєкін [146], Н. Паклін [147], Д. А. Поспелов [150; 151] А. П. Ротштейн [140], С. Д. Штовба [148; 149] та інші.

Як відомо, апарат нечітких множин і нечіткої логіки вже досить давно з успіхом застосовується для вирішення завдань, в яких вихідні дані є ненадійними і слабо формалізованими. Сильні сторони такого підходу:

- опис умов і методу розв'язання задачі мовою, близькою до природної;
- універсальність: згідно теореми Fuzzy Approximation Theorem, доведеною Б. Коско [93], будь-яка математична система може бути апроксимована системою, що заснована на нечіткій логіці;
- ефективність (пов'язана з універсальністю), пояснюється низкою теорем, аналогічних теоремам про повноту для штучних нейронних мереж.

Разом з тим для нечітких систем характерні і певні недоліки:

- початковий набір нечітких правил формується експертом-людиною і може виявитися неповним чи суперечливим;
- вид і параметри функцій належності, що описують вхідні і вихідні змінні системи, вибираються суб'єктивно і можуть не в повній мірі відображати реальну дійсність.

Для усунення, принаймні, частково, зазначених недоліків низкою авторів було запропоновано побудову нечітких систем з процедурою налагодження правил та параметрів функцій належності [94].

Ефективність застосування методів нечіткого моделювання суттєво підвищується, якщо їх використовувати разом з методами, що гуртуються на штучних нейронних мережах [94-100; 102].

Підсумовуючи наведене вище можна зробити висновок щодо нагальної необхідності упровадження у фінансовий та економічний аналіз такого економіко-математичного інструментарію, що дозволяє у повному обсязі враховувати реалії організації і ведення бізнесу та ґрунтується на сучасних інтелектуальних технологіях моделювання [60]. Таким математичним інструментарієм, який з успіхом може бути застосований для розв'язання практично будь-яких економічних задач, зокрема оцінювання інвестиційного потенціалу країни, є саме нейро-нечіткі технології. Вони являють собою методологію та математичний апарат, що надає можливість ставити та математично-обґрунтовано розв'язувати навіть такі задачі, для яких відсутня скільки-небудь повноцінна статистика, забезпечуючи при цьому можливість адаптації економіко-математичних моделей до мінливих умов економіки. За допомогою нелінійних моделей на нечіткій логіці та нейронних мережах можна ефективно здійснювати розрахунок результативного показника на підставі пояснюючих змінних навіть за умови, коли між ними відсутній значимий кореляційний зв'язок. Для застосування нейро-нечітких моделей немає необхідності дотримання гіпотези про стаціонарність досліджуваних випадкових процесів або незмінність зовнішніх умов, що особливо важливо для молодих ринків, які активно розвиваються, зокрема українського [103].

Саме комбінація таких підходів може усунути недоліки розглянутих моделей.

### **Висновки до розділу 1**

Досліджено категорії «потенціал» та «інвестиційний потенціал». Проаналізувавши роботи передових дослідників, можна вирізнити ті аспекти, що залишились до кінця не вирішеними або неоднозначними, а також ті, актуальність яких стала більш нагальною. Серед перших, наприклад, розуміння поняття потенціалу. Так, проведене дослідження показало, що в економічній літературі до цього часу не існує єдиної точки зору щодо сутності «потенціалу». Дане поняття трактується автором як певна сукупність можливостей за наявності певної бази, матеріального чи нематеріального характеру. Було також визначено, що існує основний стержень, без якого неможливо сформулювати сутнісне наповнення поняття «потенціалу» – наявність певної бази (матеріальної чи нематеріальної природи) за допомогою якої формується потенціал конкретного об'єкта дослідження, а результат реалізації потенціалу може мати як матеріальну так і нематеріальну природу.

Щодо актуальності, проведений ґрунтовний аналіз сучасних джерел показав, що однією з найбільш актуальних тем дослідження процесів інвестиційної діяльності є оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

В процесі аналізу також була визначена відсутність серед науковців єдиного погляду на поняття «інвестиційний потенціал», тому було запропоноване авторське бачення поняття «інвестиційний потенціал країни», як відображення можливості залучення та накопичення інвестиційних ресурсів з врахуванням умов для інвестування, готовності економічної системи до сприйняття та адекватне реагування на них з метою досягнення її стратегічних цілей. Узагальнюючи аналіз співвідношень категорій

інвестиційної проблематики, був зроблений висновок, що інвестиційний клімат тісно пов'язаний з державним регулюванням економіки та інвестиційною діяльністю. Інвестиційна привабливість, здебільшого, це суб'єктивна, сформована в результаті певних дій думка інвестора щодо об'єкта інвестування. На думку автора, співвідношення категорій «інвестиційний клімат» та «інвестиційна привабливість» слід розділяти у розрізі конкретного об'єкта інвестиційної діяльності.

Проведено аналіз сучасних підходів до оцінювання та моделювання інвестиційного потенціалу. В процесі аналізу наголошено, що переважна більшість сучасних досліджень використовує експертний підхід, що несе за собою низку загроз. Серед основних слід зазначити суб'єктивність отриманих оцінок, малоефективність в умовах багатокритеріальності, відносна адекватність тощо.

В ході аналізу була підкреслена потреба у пошуці нових, альтернативних підходів, які дозволять оцінити рівень інвестиційного потенціалу різних суб'єктів господарювання в умовах неоднорідності вихідної інформації. На думку автора, поєднання елементів нечіткої логіки та нейротехнологій дозволить вирішити такі проблеми моделювання соціально-економічних процесів, як неоднорідність та неповнота вихідної інформації, її багатокритеріальність, а також врахування нейлінійності взаємозв'язку.

Крім того, розкрито базові засади теорії нейромоделювання та моделей із застосуванням нечіткої логіки. Виділено основні переваги таких підходів.

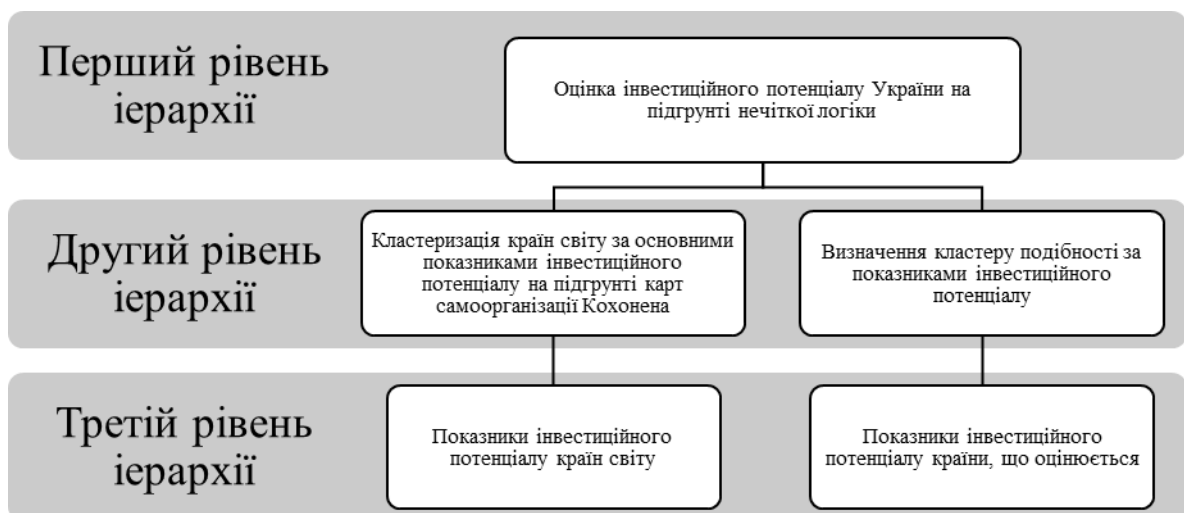
Основні результати розділу 1 опубліковано у наукових працях автора [12; 13; 23].

## РОЗДІЛ 2

### ІЄРАРХІЧНА СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ

#### 2.1. Методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни

З метою більш наочного відображення процесу моделювання інвестиційного потенціалу країни пропонується ієрархічна модель, що складається з трьох рівнів (див. рис. 2.1) [105; 105].



*Рис. 2.1. Ієрархічна модель оцінювання інвестиційного потенціалу*

Розглянемо дану модель у висхідному порядку.

*Третій рівень ієрархії.* Розуміння та опис такого складного об'єкту дослідження, як інвестиційний потенціал країни, вимагає одночасного розгляду та врахування численного набору показників, що характеризують його різноманітні аспекти і співвідношення. При цьому головною задачею у пошуці, зборі та аналізі даних є представлення їх у зрозумілій формі зі збереженням інформативності.

З метою порівнянності країн між собою всі показники пропонується звести до відносних величин. Зауважмо, що на даному етапі пропонується відокремити показники інвестиційного потенціалу країни, що оцінюється від загальної статистичної бази країн світу.

Зважаючи на неоднорідність показників, які формують інвестиційний потенціал країни, в основу розробленої моделі оцінювання покладено інструментарій нейромережевого моделювання та теорії нечіткої логіки.

*Другий рівень ієрархії.* Математичною основою розрахунків на даному рівні ієрархії є штучна нейронна мережа на основі карт самоорганізації Кохонена. Цей тип нейронних мереж дає можливість отримати кластери однорідних об'єктів дослідження (в нашій задачі – найбільш подібні країни за показниками інвестиційного потенціалу).

*Перший рівень ієрархії.* Враховуючи результати розрахунку на другому рівні ієрархії, на заключному етапі побудови економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни пропонується застосування інструментарію теорії нечіткої логіки.

З огляду на такий інструментарій, процес побудови системи економіко-математичних моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни складається з таких етапів:

I. Збір, аналіз та опрацювання первинних даних, на основі яких буде проводитися налаштування економіко-математичної моделі. На даному етапі формується набір показників, які дозволяють зробити обґрунтований аналіз соціально-економічного стану країн світу у сучасних умовах, забезпечити високу точність кластеризації та визначення інвестиційного потенціалу. З огляду на це, необхідно визначити структуру вхідних та вихідної змінної:

1. Обґрунтування вибору вхідних показників. Вся різноманітність стосунків, в які вступає країна з потенційним інвестором, ґрунтується на широкому колі показників, що дозволяють оцінити можливість реалізації інвестиційних проектів. Відповідно, оцінювання інвестиційного потенціалу

країни доцільно здійснювати за допомогою структуризації системи показників, тобто на основі дослідження груп показників, що характеризують окремі сторони діяльності країни та враховують специфіку інвестиційної діяльності.

2. Обґрунтування вибору результуючого показника. На даному етапі визначається показник, що найбільше підходить для відображення інвестиційного потенціалу країни.

В той же час, слід враховувати, що в залежності від джерела походження, інформація може відрізнятися за якістю, достовірністю та повнотою. Помилкові та порожні значення в даних можуть утворюватися в наслідок впливу технічних факторів та/або людських помилок. Особливо негативний вплив даний факт призводить на ефективність кластеризації країн світу з огляду на специфіку процедури побудови моделі.

II. Кластеризація суб'єктів економіко-математичної моделі за основними показниками інвестиційного потенціалу з використанням карт самоорганізації Кохонена:

1. Ініціалізація розмірності карти самоорганізації. На даному етапі визначається топологія відображення мережі та кількості її нейронів, що дозволить ефективно кластеризувати країни світу за показниками інвестиційного потенціалу.

2. Ініціалізація синаптичних ваг нейронної мережі. Даний етап істотно впливає на кількість ітерацій навчання нейронної мережі. Від ефективності вибору початкових значень вагових коефіцієнтів залежить як швидко нейронна мережа буде шукати оптимальні значення параметрів моделі.

3. Процедура визначення вибору нейрону-переможця – конкуренція. На даному етапі визначаються найбільш подібні нейрони до векторів вхідних показників інвестиційного потенціалу.

4. Кооперація – визначення просторового положення топологічного околу нейронів відносно нейрона-переможця. На даному етапі визначається

міра впливу нейрону-переможця на сусідні нейрони з метою формування певної групи нейронів, що мають схожі характеристики.

5. Синаптична адаптація – корекція синаптичних ваг. На даному етапі відбувається зміна значень вектора синаптичних ваг відповідно до вектора вхідних даних. Саме за допомогою даного етапу відбувається процедура самоорганізації нейронної мережі.

6. Візуалізація карти Кохонена. На даному етапі, відповідно до заданих параметрів моделі, формується графічне зображення нейронної мережі, що дозволяє відобразити організаційну залежність країн світу за показниками інвестиційного потенціалу країни та провести їх кластеризацію.

III. Визначення кластеру подібності за показниками інвестиційного потенціалу країни, що оцінюється. На даному етапі визначається просторове положення основної країни дослідження та визначення кластеру до якого вона належить. Це дозволяє сформувати коло країн світу, що подібні за показниками інвестиційного потенціалу на оцінювану країну.

IV. Оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті нечіткої логіки:

1. Обґрунтування вибору вхідних показників для оцінювання інвестиційного потенціалу країни. З огляду на специфіку моделі, на даному етапі відбувається аналіз та відбір найбільш значущих показників інвестиційного потенціалу країни.

2. Визначення множини лінгвістичних термів. На даному етапі формується перелік якісних термів, за допомогою яких описується кожна змінна моделі. Найчастіше використовують терм-множину значень яка складається з трьох термів – «Високий», «Середній», «Низький».

3. Визначення відповідності значень лінгвістичних змінних (терм-множина). На даному етапі для кожного кількісного показника формується шкала якісних термів.



4. Побудова функції належності (відповідності) між множиною значень кількісної змінної та терм-множиною значень відповідної лінгвістичної змінної.

5. Формування бази знань та правил прийняття рішень. Система на базі нечітких знань повинна містити механізм прийняття рішень, який би надав можливість робити висновок про інвестиційний потенціал країни.

6. Налаштування параметрів моделі. При проведенні налаштування параметрів моделі здійснюється оптимізація всіх ваг правил та параметрів функцій належності всіх вхідних та результуючої змінних. Це дозволяє частково позбутися притаманних нечіткій системі недоліків та підвищити її ефективність.

7. Дефаззифікація. На даному етапі відбувається процедура або процес знаходження звичайного, тобто не нечіткого, значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних. Результатом даного етапу є лінгвістичний опис інвестиційного потенціалу країни та кількісна оцінка її вихідного показника.

## **2.2. Модель кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу із застосуванням карт самоорганізації Кохонена**

### **2.2.1. Формування бази показників, за якими здійснюється оцінювання інвестиційного потенціалу країни**

Розглянувши у наведених вище підрозділах існуючі підходи до визначення та аналізу інвестиційного потенціалу країни, в даній дисертаційній роботі основну увагу пропонується зосередити на питанні оцінювання інвестиційного потенціалу країни з точки зору як потенційних інвесторів, так і з точки зору зацікавленості країни залучити інвестиції. Тому

для оцінювання інвестиційного потенціалу обрано 41 вхідний показник ( $x_j$ ), що за принципами вичерпності та інформативності найбільше характеризує інвестиційний потенціал країни. Обрані показники характеризують розвиток та потенціал фондового ринку, ринку трудових ресурсів, обсяги валового національного продукту, грошей, специфіку ціноутворення, торгівлі, урядової політики, ведення бізнесу, особливості споживачів та оподаткування. Умовно дані показники об'єднані за відповідними шістьма групами (табл. 2.1). За вихідний показник ( $y$ ) запропоновано взяти прямі іноземні інвестиції (% ВВП), що найбільше підходить для відображення реалізації інвестиційного потенціалу країни.

Таблиця 2.1

**Групи показників для оцінювання інвестиційного потенціалу  
країни**

<b>№</b>	<b>Назва групи показників</b>
1	Показники ВВП
2	Ринок трудових ресурсів
3	Специфіка ціноутворення
4	Торгівля
5	Урядова політика
6	Бізнес

Окремо розкриємо кожну з даних груп. Як показав аналіз значної частини сучасних підходів до оцінювання інвестиційного потенціалу, дослідники в процесі побудови своїх моделей завжди використовують результативні показники суб'єктів економічної діяльності. З огляду на специфіку даного дослідження, одним з центральних результуючих показників є валовий внутрішній продукт країни та сукупність суміжних показників. Так, групу *показників валового внутрішнього продукту* пропонується описати сімома показниками (табл. 2.2).

**Вхідні показники групи валового внутрішнього продукту**

<b>Змінна</b>	<b>Назва показника</b>	<b>Одиниці виміру</b>
$x_1$	Зростання ВВП	% на рік
$x_2$	ВВП на душу населення	в поточних дол. США
$x_3$	Зростання ВВП на душу населення	% на рік
$x_4$	Сільське господарство, додана вартість	% від ВВП
$x_5$	Промисловість, додана вартість	% від ВВП
$x_6$	Виробництво, додана вартість	% від ВВП
$x_7$	Послуги, додана вартість	% від ВВП

Показник зростання валового внутрішнього продукту ( $x_1$ ) відображає щорічні темпи зростання ВВП за ринковими цінами у відсотках. ВВП країни відображає вартість усіх кінцевих товарів та послуг, вироблених в межах країни та розраховується, як сума валової доданої вартості всіх виробників-резидентів та чистих податків на продукцію.

$$ВВП = \text{валова додана вартість} + \text{чисті податки на товари}$$

Показник ВВП на душу населення ( $x_2$ ) відображає співвідношення валового внутрішнього продукту до середньорічної кількості населення.

Показник зростання ВВП на душу населення ( $x_3$ ) відображає щорічні темпи зростання ВВП на душу населення у відсотках.

Показник доданої вартості сільського господарства ( $x_4$ ) відображає різницю вартості виробленої продукції галузі та вартістю засобів виробництва. При зборі даного показника враховувалось, що сільське господарство відповідає Міжнародному стандарту галузевої класифікації 1-5 [106] і включає в себе лісове господарство, мисливство, рибальство, а також вирощування сільськогосподарських культур та продукції тваринництва.

Аналогічним чином показник доданої вартості промисловості ( $x_5$ ) відповідає Міжнародному стандарту галузевої класифікації 10-45 [106] і включає в себе додану вартість гірничодобувної промисловості, будівництва, виробництва електроенергії, водо- та газовидобування. Показник доданої вартості виробництва ( $x_6$ ) відповідає Міжнародному стандарту галузевої класифікації 15-37 [106]. Показник доданої вартості послуг ( $x_7$ ) відповідає Міжнародному стандарту галузевої класифікації 50-99 [106] і включає в себе додану вартість оптової та роздрібною торгівлі (включаючи готелі та ресторани), транспортних, урядових, фінансових, професійних і персональних послуг, таких як освіта, охорона здоров'я тощо, а також послуги у сфері нерухомості. При розрахунку даного показника також враховано банківські збори та мито на імпорт.

Вплив інвестицій на зростання зайнятості населення було доведено ще Дж. М. Кейнсом, який розглядав цей взаємозв'язок як економічний ефект під назвою «ефект мультиплікатора» [107]. Він був виведений з концепції Р. Ф. Кана «мультиплікатор зайнятості» [108]. Інвестиції оздоровлюють і зміцнюють економіку країни в цілому, а також свідчать про довіру інвесторів і стабільність держави. Залучення інвестицій також є одним з ефективних шляхів вирішення проблем зайнятості.

З іншої сторони, вплив інвестицій на ринок праці проявляється у потребі задоволення потреб інвестора кількістю та якістю кадрів для реалізації пріоритетних інвестиційних проектів. Для того, щоб залучити інвестиції, необхідно підвищувати рівень основних показників ринку праці, а точніше - регулювати пропозицію робочої сили з метою забезпечення інвесторів необхідними фахівцями. З цих позицій пропонується групу показників *ринку трудових ресурсів* описати наступними показниками (табл. 2.3).

## Вхідні показники групи ринку трудових ресурсів

<b>Змінна</b>	<b>Назва показника</b>	<b>Одиниці виміру</b>
$x_8$	Безробіття за національною оцінкою	% від загальної чисельності робочої сили
$x_9$	Населення у віці 15-64 років	% від загального числа населення
$x_{10}$	Наймані працівники	% від загальної кількості працівників
$x_{11}$	Зайнятість в сільському господарстві	% від загальної зайнятості
$x_{12}$	Зайнятість у промисловості	% від загальної зайнятості
$x_{13}$	Зайнятість у сфері послуг	% від загальної зайнятості
$x_{14}$	Зайнятість відносно загальної чисельності населення за оцінкою МОП	% від загальної зайнятості
$x_{15}$	Зайнятість відносно загальної чисельності населення за національною оцінкою	% від загальної зайнятості
$x_{16}$	Рівень участі в робочій силі за оцінкою МОП	% від загального числа населення у віці 15-64 років

Рівень безробіття ( $x_8$ ) розраховується як співвідношення чисельності безробітних до працездатного населення. За визначенням Міжнародної організації праці безробітні – це особи у віці 15-70 років, що зареєстровані та незареєстровані у державній службі зайнятості та одночасно задовольняють трьома умовам: не мають роботи (прибуткового заняття); активно шукають або намагаються відкрити власну справу впродовж останніх чотирьох тижнів; готові приступити до роботи впродовж двох останніх тижнів.

Чисельність населення у віці 15-64 років ( $x_9$ ) відображає кількість людей, що потенційно можуть бути економічно активними.

Кількість найманих працівників ( $x_{10}$ ) відображає кількість працівників, які мають постійну оплачувану роботу на основі письмового або усного трудового договору.

Зайнятість ( $x_{11}$ ,  $x_{12}$ ,  $x_{13}$ ) визначається як кількість осіб працездатного віку, які займаються будь-якою діяльністю з виробництва товарів або надання послуг з метою отримання плати або прибутку. Даний показник пропонується розглядати у трьох напрямках, а саме: зайнятість у сільському господарстві ( $x_{11}$ ), промисловості ( $x_{12}$ ) та сфері послуг ( $x_{13}$ ).

Рівень участі в робочій силі ( $x_{16}$ ) відображає частку населення у віці 15 - 64 років, що є економічно активним – частина населення, що протягом певного періоду забезпечує пропозицію своєї робочої сили на ринку праці.

Коли інвестор розглядає можливості інвестування, важливим факторами залишаються інфляційні та ціноутворюючі показники країни. Якщо розглядати фінансовий ринок, а особливо ринок цінних паперів, слід розуміти, що основним негативним впливом інфляції є спотворення реального стану справ щодо активів.

За високих показників інфляції, країна може здаватися процвітаючою, хоча насправді саме інфляція буде основною причиною зростання макроекономічних показників. Крім того ціноутворюючий фактор безпосередньо впливає й на потенційні витрати інвестора. Саме тому групу *специфіки ціноутворення* пропонується розкрити наступними показниками (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

#### Вхідні показники групи специфіки ціноутворення

Змінна	Назва показника	Одиниці виміру
$x_{17}$	Інфляція споживчих цін	% на рік
$x_{18}$	Інфляція, дефлятор ВВП	% на рік
$x_{19}$	Паритет купівельної спроможності	
$x_{20}$	Ціна дизельного палива	дол. США за літр
$x_{21}$	Ціна бензину	дол. США за літр

Перший показник – інфляція споживчих цін ( $x_{17}$ ), що відображає щорічну відсоткову зміну вартості споживчого кошика, який купує населення для невиробничого споживання.

Як правило для розрахунку даного показника використовується формула Ласпейреса [115]:

$$I_p = \frac{\sum p_1 q_0}{\sum p_0 q_0}, \quad (2.1)$$

де  $\sum p_0 q_0$  – фактична вартість набору продукції у базовому періоді;

$\sum p_1 q_0$  – вартість продукції, що реалізована у базовому періоді за цінами поточного періоду;

$p_1$  – ціна споживчого кошика у поточному році;

$p_0$  – ціна споживчого кошика в базовому періоді;

$q_1$  – обсяг набору товарів у звітному періоді;

$q_0$  – обсяг набору товарів у базовому періоді.

Дефлятор ВВП ( $x_{18}$ ) відображає співвідношення реального і номінального ВВП та розраховується за формулою Пааше [110]:

$$I_p = \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_0 q_1}, \quad (2.2)$$

Паритет купівельної спроможності ( $x_{19}$ ) відображає співвідношення двох грошових одиниць, валют різних країн, що враховує їх купівельну спроможність стосовно певного споживчого кошика. Для даного показника рівень цін економіки США взято за базовий.

Ціна бензину ( $x_{20}$ ) та дизельного пального ( $x_{21}$ ) вираховується щодо марки пального, що має найбільші об'єми продажів та конвертовані у долар США.

Масштаби ринку торгівлі, зокрема показники експорту та імпорту країни, є важливими факторами при прийнятті рішення про здійснення тих чи інших інвестиційних дій. Усунення бар'єрів на шляху торгівлі може мати істотний вплив на інвестиційні потоки. З огляду на це, групу показників *торгівлі* пропонується описати наступними показниками (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

### Вхідні показники групи торгівлі

Змінна	Назва показника	Одиниці виміру
$x_{22}$	Торгівля	% від ВВП
$x_{23}$	Торгівля послугами	% від ВВП
$x_{24}$	Експорт товарів і послуг	% від ВВП
$x_{25}$	Імпорт товарів і послуг	% від ВВП
$x_{26}$	Сальдо рахунку поточних операцій	% від ВВП

Показник торгівлі ( $x_{22}$ ) відображає загальну суму ввезених та вивезених товарів та послуг, яка оцінюється як частка валового внутрішнього продукту.

Показник торгівлі послугами ( $x_{23}$ ) показує сумарну кількість експорту та імпорту послуг за такими видами: послуги, що пов'язані із зовнішньою торгівлею; послуги, пов'язані з обміном технологіями; обмін соціальними і культурними послугами, зокрема туристичні послуги; надання банківських послуг, зокрема здійснення міжнародних розрахунків, лізингових операцій тощо; торгівля послугами, пов'язаними з міграцією робочої сили.

Експорт товарів і послуг ( $x_{24}$ ) представляє собою вартість всіх товарів і інших ринкових послуг, що надаються іншим країнами світу. Він включає в себе вартість наданого товару, страхування, транспорт, подорожі, ліцензійні платежі, послуги зв'язку, будівництва, фінансові, інформаційні, ділові, особисті і державні послуги.

Імпорт товарів і послуг ( $x_{25}$ ) представляє собою зворотній показник до експорту, тобто відображає вартість всіх товарів та послуг, що надані країні від решти країн світу.



Сальдо рахунку поточних операцій ( $x_{26}$ ) акумулює суму чистого експорту товарів та послуг, чистого первинного та вторинного доходів.

З точки зору макроекономічного аналізу можна стверджувати про значний вплив урядових дій щодо залучення інвестиційних ресурсів. Проте надійність країни так само залежить і від рівня та якості розподілу грошових фондів держави з метою фінансування соціально-економічних програм розвитку. Зростання державних витрат призводить до зростання доходів, що позитивно впливає на імідж країни на світовій арені. В той же час фінансовим фундаментом країни є його резерви та запаси, що можуть бути мобілізовані для полегшення несприятливої економічної ситуації в країні. З цих позицій пропонується групу показників *урядова політика* розкрити наступними показниками (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

### Вхідні показники групи урядової політики

Змінна	Назва показника	Одиниці виміру
$x_{27}$	Загальні резерви на душу населення	в поточних дол. США
$x_{28}$	Загальні резерви за винятком золота на душу населення	в поточних дол. США
$x_{29}$	Валові національні витрати	% від ВВП
$x_{30}$	Витрати на охорону здоров'я, всього	% від ВВП
$x_{31}$	Витрати на кінцеве споживання	% від ВВП
$x_{32}$	Загальні державні витрати на кінцеве споживання	% від ВВП
$x_{33}$	Військові витрати	% від ВВП

Загальні резерви ( $x_{27}$ ) охоплюють сумарну кількість запасів монетарного золота, спеціальних прав запозичення, позики Міжнародного валютного фонду, а також валютні резерви, які належать державі та перебувають у розпорядженні органів грошово-кредитного регулювання країни. Подібним чином розраховується показник  $x_{28}$  але за винятком запасів монетарного золота.

Державні витрати – форма економічних відносин між державою і фізичними та юридичними особами в процесі використання і споживання частини національного доходу. Даний показник ( $x_{29}$ ) складається із суми витрат домашніх господарств на кінцеве споживання, загальних державних витрат та валового нагромадження капіталу.

Витрати на охорону здоров'я ( $x_{30}$ ) є показником державних витрат, що охоплює видатки на надання медичних послуг, планування сім'ї, діяльності в області харчування та невідкладної допомоги.

Витрати на кінцеве ( $x_{31}$ ) споживання становлять основну частину кінцевого споживання та характеризують структуру споживання матеріальних благ і послуг населенням за рахунок бюджету.

Загальні державні витрати на кінцеве споживання ( $x_{32}$ ) включають в себе усі поточні витрати держави на купівлю товарів та послуг, у тому числі на оплату праці працівників.

Військові витрати ( $x_{33}$ ) відображають сукупність витрат державного бюджету призначених для утримання та забезпечення збройних сил країни. Даний показник, за визначенням Північноатлантичного альянсу, включає в себе усі поточні та капітальні витрати на збройні сили, миротворчі сили, міністерство оборони та інші державні установи, що займаються оборонними проектами, а також військово-космічну діяльність тощо.

Умови ведення та рівень адміністративного втручання у бізнес в країні є однією з головних сфер інтересів потенційного інвестора. Так групу показників *бізнес* пропонується розкрити наступними показниками (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

#### Вхідні показники групи бізнес

Змінна	Назва показника	Одиниці виміру
1	2	3
$x_{34}$	Індекс виробництва продукції тваринництва	
$x_{35}$	Індекс виробництва харчових продуктів	
$x_{36}$	Індекс виробництва зернових культур	

1	2	3
$x_{37}$	Товарно-матеріальні запаси	% від ВВП
$x_{38}$	Індекс легкості ведення бізнесу	
$x_{39}$	Час, необхідний для початку бізнесу	дні
$x_{40}$	Загальна ставка податку на прибуток	%
$x_{41}$	Індекс сприйняття корупції	

Індекс виробництва продукції тваринництва ( $x_{34}$ ) є відносним показником та показує кількість виготовленої продукції, а саме м'ясо, молоко, сир, яйця, мед, шовк, шерсть, шкіра тощо.

Індекс виробництва харчових продуктів ( $x_{35}$ ) охоплює показники виробництва продовольчих культур, які вважаються їстівними та містять поживні речовини.

Індекс виробництва зернових культур ( $x_{36}$ ) відображає кількість виробленої зернової культури за виключенням кормових.

Товарно-матеріальні запаси ( $x_{37}$ ) вміщують у собі значну частину активів підприємств, що призначені для здійснення основної діяльності у випадку тимчасових або несподіваних коливань у процесі виробництва.

Індекс легкості ведення бізнесу ( $x_{38}$ ) – показник, що відображає легкість здійснення підприємницької діяльності на підґрунті одинадцяти індикаторів.

Час, необхідний для початку бізнесу ( $x_{39}$ ) відображає кількість календарних днів, необхідних для завершення процедури легалізації (оформлення та отримання всіх необхідних документів) власного бізнесу.

Загальна ставка податку на прибуток ( $x_{41}$ ) – прямий податок, що стягується з прибутку організації після вирахування з нього встановлених відрахувань та знижок.

Як зазначають більшість вітчизняних та зарубіжних авторів, після визначення вектору вхідних значень, можна, але не обов'язково, провести нормалізацію вхідних показників. Нормалізація – це процес, в результаті

якого всі вхідні дані зводяться до єдиної шкали виміру, що дає можливість зменшити додатковий вплив показника на результат побудованої моделі.

Існує досить багато підходів до нормалізації даних. Розглянемо декілька з них:

1. Розраховуються нормалізовані значення ряду, що характеризується середнім та середньоквадратичним відхиленням.

$$x_i^* = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}, \quad (2.3)$$

де  $x_i^*$  – нормалізовані значення ряду;

$\bar{x}$  – середнє значення ряду;

$\sigma_x$  – середньоквадратичне відхилення ряду.

2. Так звана нормалізація Севіджа або природня нормалізація, що ґрунтується на мінімальних та максимальних значеннях ряду:

$$x_i^* = \frac{x_i - \min_{l=1,n}(x_l)}{\max_{l=1,n}(x_l) - \min_{l=1,n}(x_l)}. \quad (2.4)$$

3. Кожен компонент вхідного вектора ділиться на довжину даного вектора. Довжина вектора обчислюється як квадратний корінь з суми квадратів компонент заданого вектора:

$$x_i^* = \frac{x_i}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}}. \quad (2.5)$$

### 2.2.2. Побудова моделі кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу

З метою визначення найбільш подібних країн за показниками інвестиційного потенціалу пропонується використання штучної нейронної мережі на основі карт самоорганізації Т. Кохонена [119]. Даний тип мереж ефективно реалізує принцип кластеризації і широко застосовуються в економіці, фінансових та бізнес сферах тощо [66; 114].

Алгоритм карт самоорганізації Кохонена за показниками інвестиційного потенціалу визначає відображення вхідного масиву показників інвестиційного потенціалу країн  $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \in X \subset \mathfrak{R}^n$  на двовимірну решітку масиву нейронів, де  $X$  – множина всіх можливих показників інвестиційного потенціалу країни;  $\mathfrak{R}^n$  – множина дійсних чисел.

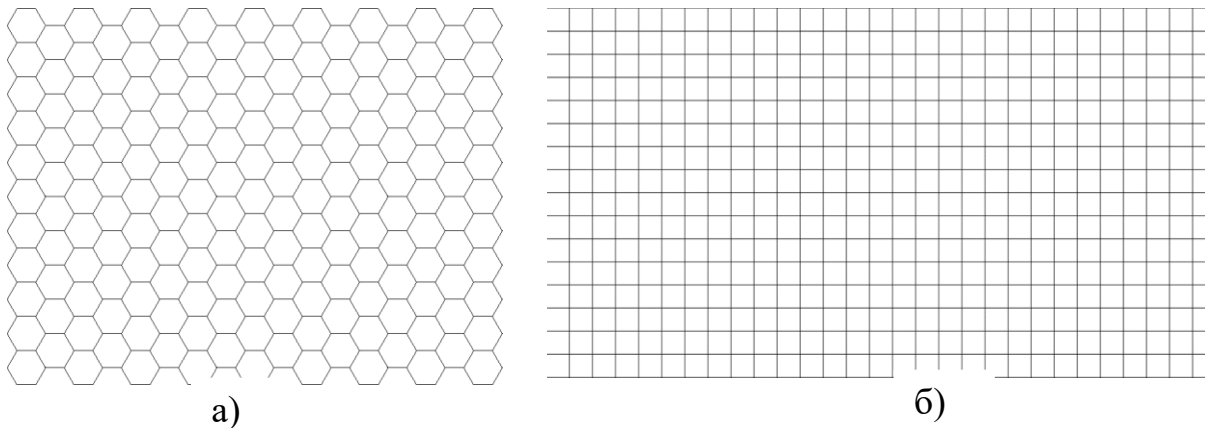
Існує два альтернативні варіанти мережевої типології мережі: прямокутна та гексагональна (рис. 2.2). Для візуального сприйняття отриманих результатів переважає гексагональна решітка, оскільки в ній немає переважних горизонтальних та вертикальних напрямів, як це буває у прямокутній решітці. Це пояснюється наступним:

- а) гексагональна решітка має менший розкид до центру топологічної карти в порівнянні з прямокутною, при однаковій площі;
- б) відстань між центрами двох нейронів є коротшою;
- в) відстань між нейроном до сусідніх нейронів завжди однакова.

Окрім форми нейронів, одна з фундаментальних задач побудови карт самоорганізації є визначення кількості нейронів. Т. Кохонен зазначав [78], що оптимальна кількість нейронів визначається задачею, що має вирішуватися нейронною мережею: «...нейронів слід брати менше ніж вхідних векторів, за умови їх відносної однорідності...».

На даному етапі побудови карти самоорганізації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу, розмірність карти самоорганізації

пропонується обирати експериментально, з низки варіантів за критерієм середньозваженої помилки квантування.



*Рис. 2.2. Приклад гексагональної (а) та прямокутної (б) решітки нейронів карти самоорганізації*

Матриця помилок квантування відображає середню відстань між прикладом та центрами клітинок (які відповідають вузлам решітки карти Кохонена). Кожен приклад відображається у багатовимірному просторі, де кількість вимірів відповідає кількості вхідних показників (елементів вектора вхідних даних). Центр клітинки – точка у цьому просторі з координатами, що дорівнюють вагам нейрона. Чим менша відстань від вектора вхідних даних до центра клітинки, тим ближче до неї розташований приклад, що описується цим вектором.

Крім того в процесі побудови карти самоорганізації, за рекомендацією самого Т. Кохонена [78] існує необхідність отримати інформацію про характер структур та розподіл вхідних даних. Для виявлення топологічних відносин між елементами зібраного набору даних, рекомендується завжди проводити попередній аналіз, використовуючи, наприклад, деякі з нелінійних проєкційних методів.

Зокрема, дуже корисним засобом для попереднього аналізу даних, а також для контролю за значеннями векторів моделі є проєкція Саммона [115]. Даний підхід представляє собою широко вживаний нелінійний

проекційний метод, що належить до класу так званих метричних методів багатовимірного шкалювання (*Multidimensional scaling*). Головна мета даного підходу націлена на те, щоб попарні відстані в отриманому представленні даних невисокої розмірності як найточніше відповідали аналогічним відстаням для вхідного набору багатовимірних даних. Вагома риса проєкції Саммона полягає в тому, що помилки попарних відстаней обернено пропорційні відстаням у вхідному просторі даних. Цільова функція має вигляд:

$$E_s = \frac{1}{\sum_i \sum_j d_{ij}} \sum_i \sum_{i>j} \frac{(d_{ij} - \|r_i - r_j\|)^2}{d_{ij}}, \quad (2.6)$$

де  $d_{ij} = d(x_i, x_j)$  – задана певним чином відстань між  $x_i$  та  $x_j$ ;

$r_i$  та  $r_j$  – вектори, що задають координати вхідного вектору на площину відображення даних.

Головним завданням виступає корегування векторів  $r_i$  та  $r_j$  з метою мінімізації евклідової відстані  $\|r_i - r_j\|$  відносно  $d_{ij}$ .

Після визначення оптимальної розмірності карти самоорганізації, кожному нейрону карти  $j$ ,  $j = \overline{1, k}$ , ставиться у відповідність параметричний вектор моделі  $\mathbf{m}_i = \{\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in}\} \in \mathfrak{R}^n$ , де  $k$  – кількість нейронів карти.

Подальшим кроком є процедура ініціалізації синаптичних ваг мережі, що полягає у наданні всім вагам мережі початкових значень. Зазвичай це відбувається за допомогою призначення синаптичним вагам випадкових малих значень, сформованих генератором випадкових чисел. Алгоритм дозволяє належним чином масштабувати і групувати вхідні вектори за умови, якщо процес обчислень досить тривалий. Однак процедура «випадкової ініціалізації» не завжди забезпечує найкраще та найшвидше навчання.

Кохонен Т. зосереджує увагу на можливості лінійної ініціалізації [78], що за певних умов дозволяє знизити функцію сусідства та зменшити значення коефіцієнту швидкості навчання.

Крім того у роботі [116] зазначається ще один альтернативний варіант ініціалізації вагових коефіцієнтів – метод випуклої комбінації, що полягає у прирівнюванні ваг мережі одній і тій самій величині:

$$m_i = \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad (2.7)$$

де  $n$  – кількість елементів кожного вагового вектора.

Завдяки цьому всі вагові коефіцієнти є однаковими і мають одиничну довжину.

Після коректної ініціалізації мережі запускається так званий процес конкуренції, який полягає у визначенні найбільш подібних нейронів до векторів вхідних показників інвестиційного потенціалу. Найбільш поширеним підходом до визначення подібності векторів є обчислення Евклідової відстані між ними:

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu_{ij})^2}, \quad i = \overline{1, k} \quad (2.8)$$

де  $n$  – кількість елементів у векторі вхідних даних;

$\mathbf{m}_i$  – вектор вагових коефіцієнтів нейронів карти Кохонена  $\{\mu_{1j}, \dots, \mu_{nj}\}$ ;

$\mu_{ij}$  –  $i$ -та вага  $j$ -го нейрона;

$k$  – кількість нейронів Кохонена.

Після подання вхідних векторів на входи нейронів, відбувається змагання нейронів шару Т. Кохонена за правилом «переможець отримує все», згідно якого обирається нейрон-переможець, що є найближчим до вхідного вектора:



$$c = \arg \min_i \{\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\|\} \quad (2.9)$$

або

$$\|x - m_c\| = \min_i \{\|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\|\}. \quad (2.10)$$

Згідно формулі (2.9) нейрон, що задовольняє даній умові, називається переможцем або найбільш підходящий для даного вхідного вектора вхідних показників інвестиційного потенціалу.

Правило конкуренції (2.9) в науковій літературі з нейронних мереж вперше було запропоновано в роботі С. Гроссберга [117].

Нейроном-переможцем стає нейрон, вектор вагових коефіцієнтів якого є найближчим до поданого на нейронну мережу вектора вхідних даних:

$$z_i = \begin{cases} 1, & \|\mathbf{x} - m_i\| = \min_i \{\|\mathbf{x} - m_i\|\} \\ 0, & \|\mathbf{x} - m_i\| \neq \min_i \{\|\mathbf{x} - m_i\|\} \end{cases}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.11)$$

де  $z_i$  – вихід нейрона карти Кохонена.

Алгоритм побудови карти самоорганізації дозволяє використовувати різноманітні варіанти визначення нейрону-переможця. Якщо в якості міри схожості векторів  $x$  і  $m_i$  використовувати величину їх скалярного добутку, рівняння, що описують процес навчання, набувають вигляду:

$$x^T(t)m_c(t) = \max_i \{x^T(t)m_i(t)\}, \quad (2.12)$$

$$m_i(t+1) = \begin{cases} m_i(t) & \Rightarrow i \notin N_c(t) \\ \frac{m_i(t) + \alpha'(t)x(t)}{\|m_i(t) + \alpha'(t)x(t)\|} & \Rightarrow i \in N_c(t) \end{cases} \quad (2.13)$$

де  $0 < \alpha'(t) < \infty$ , наприклад можна задати  $\alpha'(t) = \frac{100}{t}$ . Даний процес автоматично нормалізує вектори на кожному кроці, проте розрахунки для проведення нормалізації сповільнює процес навчання. З іншої сторони, показник скалярного добутку відносно простий та швидко працює.

В процесі навчання один і той же нейрон може ставати переможцем велику кількість разів, утворюючи таким чином центр кластеризації. Проте, якщо мережа зациклюється на ньому, це суттєво впливає на здатність кластеризувати подані дані. Для подолання такого ефекту можна використовувати метод, який наділяє кожен нейрон Кохонена «відчуттям справедливості». Якщо він стає переможцем частіше за визначену частку часу (приблизно  $1/j$ , де  $j$  – число нейронів Кохонена), він тимчасово збільшує свій поріг, що зменшує його шанси на виграш, даючи тим самим можливість навчатися й іншим нейронам [118].

Після визначення нейрона-переможця здійснюється процедура кооперації – визначення міри його впливу на сусідні нейрони. Нейрон-переможець знаходиться в центрі топологічного околу. При збудженні він впливає на просторово близькі до нього нейрони, проте даний вплив зменшується із збільшенням відстані до нейронів [119]. Даний процес визначає топологічне сусідство нейронів, коли близько розташовані нейрони карти отримують схожі характеристики.

На рис. 2.3 зображено спрощений варіант впливу нейрона переможця на сусідні нейрони, де чорним кольором відображено нейрон-переможець, сірим кольором – сусідні нейрони відносно нейрона-переможця, пунктиром – зона впливу нейрона-переможця.

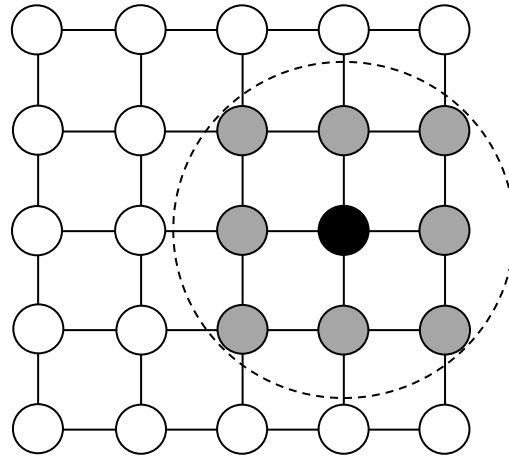


Рис. 2.3 Спрощене зображення процедури кооперації нейрона-переможця

Позначимо через  $h_{ci}$  – зону топологічного сусідства з центром у нейроні-переможці  $c$ , що складається з множини збуджених нейронів  $i$ . Тоді  $d_{ci}$  – відстань між нейроном переможцем ( $c$ ) та збудженим нейроном ( $i$ ). За таких умов топологічна зона  $h_{ci}$  є функцією відстані  $d_{ci}$  та задовольняє наступним умовам [68]:

- Топологічний окіл  $h_{ci}$  має бути симетричним відносно точки максимуму, яка визначається при  $d_{ci} = 0$ . Іншими словами, максимум функції досягається в нейроні-переможці;
- Амплітуда топологічного околу  $h_{ci}$  монотонно зменшується із збільшенням відстані  $d_{ci}$  та досягає нуля при  $d_{ci} \rightarrow \infty$ .

Типовим варіантом  $h_{ci}$ , що задовольняє даним умовам, є Гаусова функція:

$$h_{ci} = e^{-\frac{d_{ci}^2}{2\sigma^2}} \quad (2.14)$$

де  $\sigma$  – функція ефективної ширини топологічного околу (рис. 2.4).

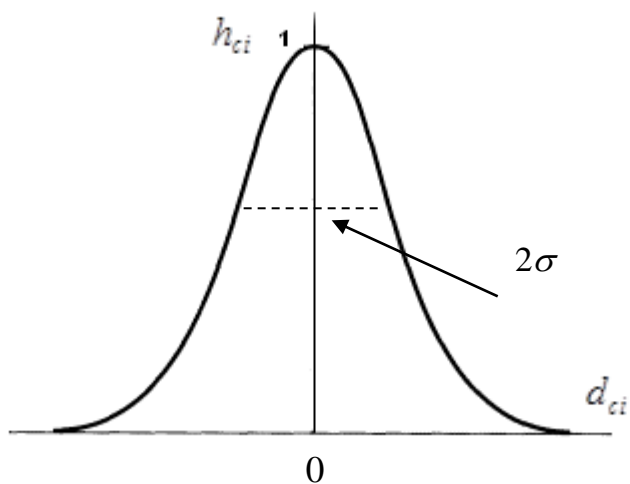


Рис. 2.4. Гаусова функція топологічного околу

В процесі навчання нейронної мережі, топологічний окіл звужується. Це забезпечується за рахунок поступового зменшення ширини функції  $\sigma$  (рис. 2.5).

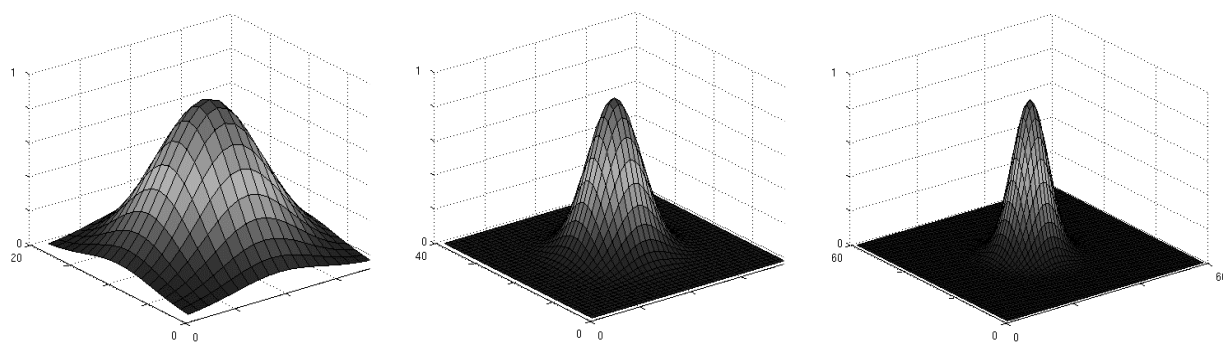


Рис. 2.5 Процес звуження топологічного околу Гаусової функції

Алгоритмів побудови варіантів залежності функції  $\sigma$  від дискретної величини часу  $t$  у науковій літературі існує досить багато, зазнаємо декілька з них:

1. Експоненціальна залежність [119; 120]:

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{-\frac{t}{\tau_1}}, \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.15)$$

де  $\sigma_0$  – початкове значення величини  $\sigma$ ;

$\tau_l$  – певна часова константа.

Виходячи з цього, топологічний окіл матиме форму, що залежить від часу:

$$h_{ci}(t) = e^{-\frac{d_{ci}^2}{2\sigma^2(t)}}, \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.16)$$

де  $\sigma(t)$  – визначається за формулою (2.15).

Таким чином, при збільшенні кількості ітерацій навчання ( $t$ ) ширина  $\sigma(t)$  експоненціально спадає, а разом з тим стискається й топологічний окіл.

У роботі [121] було продемонстровано, що топологічні дефекти карт самоорганізації виникають у тих випадках, коли в процесі побудови нейронної мережі використовується невіпукла функція околу впливу. З цієї точки зору, функція Гауса великого радіусу може привести до швидшого впорядкування вхідних векторів.

У випадку використання двовимірної решітки  $d_{ci}$  визначається співвідношенням:

$$d_{ci}^2 = \|r_c - r_i\|^2 \quad (2.17)$$

де  $r_c$  та  $r_i$  – координати геометричного розташування вузлів  $c$  нейрона-переможця та інших вузлів  $i$  на карті.

2. Лінійна залежність. За такої залежності функція  $\sigma$  до 0 і є своєрідним аналогом стандартного відхилення випадкової величини, що зменшується з часом по мірі апроксимації.

Якщо нейронна мережа має відносно невелику розмірність, вибір параметрів функції залежності не є критичним [78]. Слід звернути увагу на

вибір розмірності початкового околу впливу. За малої розмірності не вдасться отримати впорядковану карту самоорганізації.

Численні дослідження науковців показали, що алгоритм побудови карт самоорганізації допускає різні варіанти вибору функції сусідства і фактора швидкості навчання. Проте найбільш важливими є наступне:

- функція сусідства має бути досить широкою на початку процесу навчання і зменшуватися в процесі навчання таким чином, щоб у кінці цього процесу здійснювався вплив тільки на безпосередніх сусідів нейрона-переможця;
- процес самоорганізації повинен включати досить велике число ітерацій навчання.

На заключному етапі побудови карти самоорганізації відбувається процес синаптичної адаптації. Для того щоб нейронна мережа мала змогу самоорганізуватися, вектор синаптичних ваг  $\mathbf{m}_i$  нейрона  $j$  повинен змінюватися відповідно до вхідного вектора  $\mathbf{x}$  [119; 122; 123]:

$$\mathbf{m}_i(t+1) = \mathbf{m}_i(t) + \nu(t) \cdot h_{ci}(t) \cdot [\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)], \quad (2.18)$$

$$h_{ci}(t) = h(\|r_c - r_i\|; t), \quad (2.19)$$

де  $\nu(t)$  – параметр швидкості навчання, що з кожною епохою навчання  $t$  зменшується;

$h_{ci}(t)$  – функція топологічного сусідства з центром у нейроні-переможці;

$r_c$  та  $r_i$  – координати геометричного розташування вузлів  $c$  нейрона-переможця та інших вузлів  $i$  на карті.

Даний вираз застосовується до всіх нейронів решітки, що лежать в топологічному околі нейрона-переможця. В результаті має місце ефект

зміщення вектора синоптичних ваг нейрона-переможця у напрямку вхідного вектора показників. За періодичного представлення даних, завдяки корекції околу нейрона-переможця вектори синапатичних ваг будуть прагнути досягти розподілу вхідних векторів.

Параметр швидкості навчання  $v(t)$  залежить від часу. Наприклад, можна почати з певного початкового значення  $v_0$  і з плином часу поступово зменшувати його. Дану процедуру можна виконати, наприклад, за допомогою наступної функції [68]:

$$v(t) = e^{-\frac{t}{\tau_2}}, \quad t = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.20)$$

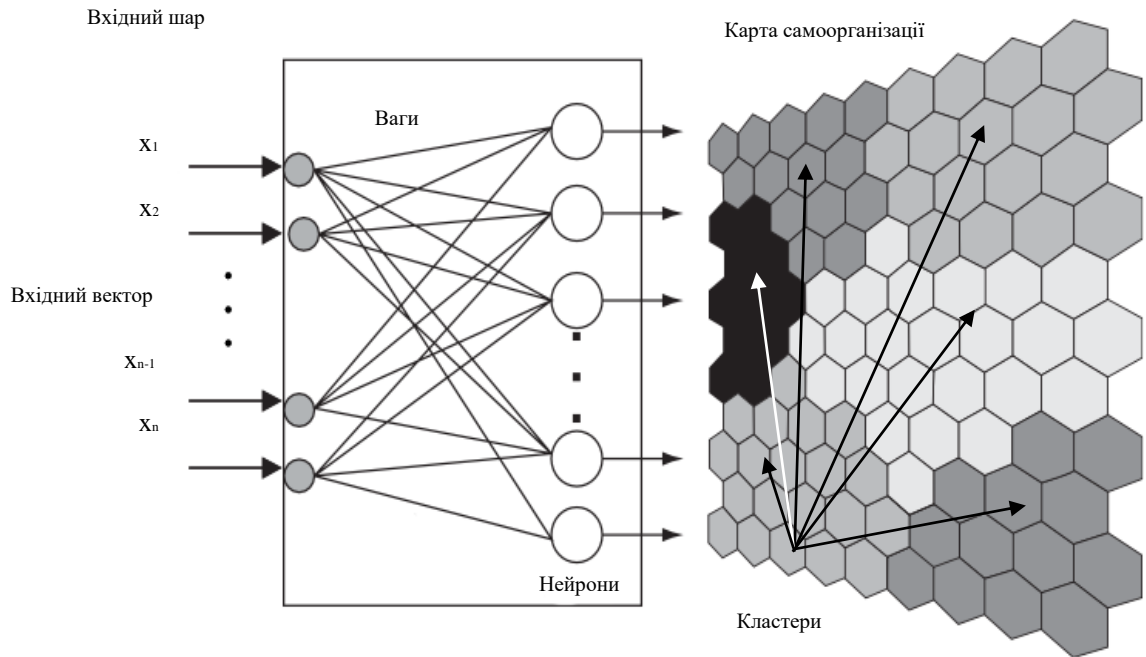
де  $\tau_2$  – загальна кількість ітерацій, що обрана для навчання нейронної мережі;

$t$  – ітерація навчання.

Для отримання кращих результатів, загальна кількість ітерацій навчання має перевищувати кількість нейронів мережі приблизно у 100 разів.

Проте остаточний вибір функції залежності параметру швидкості навчання від часу принципово не впливає на результат побудованої карти самоорганізації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу.

Результатом побудованої карти самоорганізації є візуальне представлення двовимірної гексагональної решітки нейронів, що відображають організаційну залежність країн світу за показниками інвестиційного потенціалу з можливістю подальшого визначення кластерів, що за економічним розвитком та умовами інвестиційної діяльності схожі між собою (рис. 2.6).



*Рис. 2.6. Візуальне представлення карти самоорганізації з визначенням кластерів*

На заключному етапі розрахунків на другому рівні ієрархії визначається місце розташування основної країни дослідження інвестиційного потенціалу та кластер, до якого належить.

Дана процедура відбувається шляхом введення вектору показників країни, що оцінюється  $\mathbf{x}^* = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*]^T$  на вхід побудованої карти самоорганізації Кохонена. Модель визначає місце країни на гексагональній решітці нейронів та повертає координати нейрону та номер кластеру, до якого віднесено дану країну. Це дозволяє визначити коло країн світу, що подібні за показниками інвестиційного потенціалу на оцінювану країну та стверджувати, що оцінювання інвестиційного потенціалу країни слід виконувати на підґрунті відповідного кластеру країн.



### 2.3. Модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті теорії нечіткої логіки

Результати формування кластеру країн на другому рівні ієрархії застосовуються як вхідна інформація для побудови моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни, математичним підґрунтям якої було обрано інструментарій теорії нечіткої логіки (*перший рівень ієрархії*).

Модель системи нечіткого виводу представлено на рис. 2.7, де використано наступні позначення:  $\mu^{t_{il}}(x_i)$  – функція належності  $i$ -го показника  $l$ -ому терму терм-множини значень відповідної лінгвістичної змінної,  $i = \overline{1, I}$ ,  $l = \overline{1, k_i}$  ( $k_i$  – кількість термів  $t_{il}$  у терм-множині змінної  $x_i$ );  $t_{il}$  –  $l$ -ий терм терм-множини лінгвістичної змінної, яка описує  $i$ -ий вхідний показник;  $\mu^{p_j}(y)$  – функція належності вихідного показника  $y$   $j$ -му терму терм-множини значень відповідної лінгвістичної змінної, яка залежить від вхідних показників  $(x_1, x_2, \dots, x_I)$ ;  $p_j$  –  $j$ -ий терм терм-множини значень лінгвістичної змінної, що характеризує вихідний показник  $y$ .

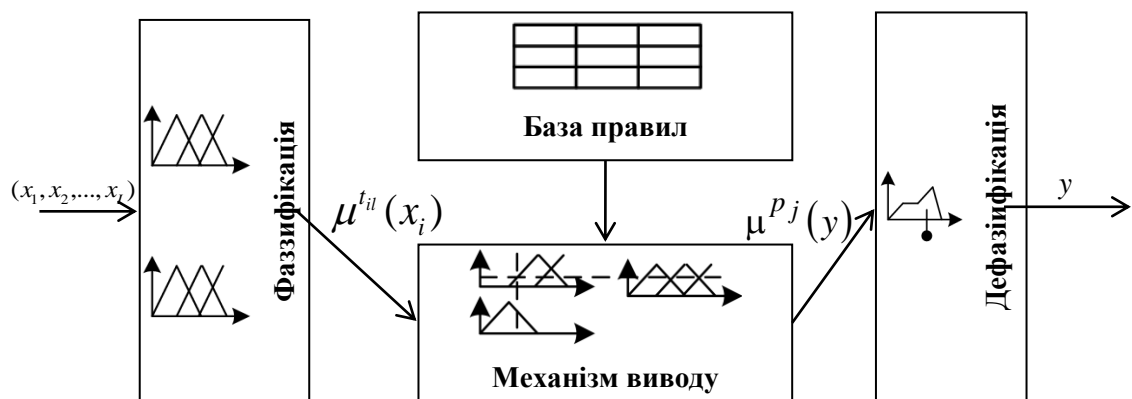


Рис. 2.7 Структура нечіткого виводу

Проведення розрахунків в економіко-математичній моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни здійснюється за такими етапами.

*Етап 1 (Показники).* Першочерговою задачею при побудові моделі є обґрунтування вибору результуючого показника та визначення переліку вхідних факторів. Оскільки основним завданням нашого дослідження є моделювання інвестиційного потенціалу країни, то важливо визначитись зі змінною, яка могла б слугувати уособленням цього показника. При цьому важливо розуміти, що поняття інвестиційного потенціалу пов'язане не стільки з сучасним рівнем інвестиційних надходжень, скільки з потенційною можливістю його реалізації із залучення інвестицій в майбутньому, виходячи з поточної економічної та політичної кон'юнктури. Тож за вихідну змінну у в результаті проведеного аналізу вирішено взяти чистий приплив прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року, в той час як на входи моделі подаватимуться показники поточного року. Таким чином, при налаштуванні параметрів економіко-математичної моделі та її використанні з метою оцінювання інвестиційного потенціалу країни, лаг між вхідними та результуючою змінними становитиме один рік [125].

Для формування набору пояснюючих показників при конструюванні моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті інструментарію нечіткої логіки проведемо аналіз та відбір найбільш значущих показників з повного переліку, наведеного у додатку А, таблиця А1. Зазначимо, що у літературі з нечіткого моделювання рекомендується, щоб кількість входів моделі була не більшою за  $7 \pm 2$  пояснюючих змінних [124]. Крім того, важливо, щоб відібрані до моделі фактори відображали всі групи показників оцінювання інвестиційного потенціалу.

Наявність взаємозалежностей між показниками пропонується виконати за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона [126]:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum (x_j - \bar{x}_j)^2}}, \quad (2.21)$$

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_j. \quad (2.22)$$

де  $x_i$  – екзогенна змінна;

$x_j$  – ендогенна змінна;

$\bar{x}_i$  – середнє значення екзогенної змінної;

$\bar{x}_j$  – середнє значення ендогенної змінної.

Результати кореляційного дослідження наведено у додатку Б, таблиця Б.1. Так з результуючим показником існує значущий кореляційний зв'язок є лише у показника  $x_{23}$  «Торгівля послугами (% від ВВП)» – залежність між значеннями показника  $x_{23}$  та у з лагом в один рік (кореляція між показником торгівлі послугами та чистим припливом прямих іноземних інвестицій у наступному році) становить 0,54. І хоча інші вхідні показники не мають значущого кореляційного зв'язку з вихідною змінною, для моделей на нечіткій логіці це не має особливого значення (адже всі показники переводяться у лінгвістичну форму та залежність шукається на основі логічних правил прийняття рішень, що нівелює значимість лінійного зв'язку між показниками).

Разом з тим, до множини вхідних змінних відібрано такі показники, що є найбільш вираженими репрезентантами своїх груп – вони мають характеризуватись найбільш тісним зв'язком із максимальною кількістю інших пояснюючих змінних із своєї групи. Разом з тим, вони не повинні мати значущої взаємозалежності із іншими показниками з множини вхідних факторів моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Так, наприклад, всі показники із групи «Торгівля» ( $x_{22}$ ,  $x_{23}$ ,  $x_{24}$ ,  $x_{25}$ ) мають між собою значущі кореляційні зв'язки (від 0,42 до 0,94) та жодного значущого зв'язку із показниками з інших груп. Тож, репрезентантом цієї групи виберемо  $x_{23}$  «Торгівля послугами (% від ВВП)» як єдиного, що має значний лінійний вплив на вихідну змінну.

Інші групи не стоять так відокремлено від інших – значущі зв'язки у показників з тих груп можуть бути як зі змінними у своїй групі, так і з іншими. Так, наприклад, показник  $x_2$  «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)» має значущий кореляційний зв'язок з показниками  $x_4, x_{11}, x_{13}, x_{17} - x_{21}, x_{29}, x_{31}, x_{41}$ . І найбільша кореляція у нього з показником  $x_{19}$  «Паритет купівельної спроможності» – на рівні 0,92. Але через такий тісний зв'язок між цими двома показниками  $x_{19}$  має саме такі ж значущі зв'язки з тим же переліком факторів, як і  $x_2$ . Тож, хоч обидва ці показники мають нульову кореляцію з вихідною змінною, відбирається один з них, як найбільш виражений репрезентант інших факторів. Зважаючи на кроскореляційні зв'язки інших вхідних показників, відберемо до моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни пояснюючу змінну  $x_2$  «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)», які буде презентувати групу «Показники ВВП». Репрезентантом же групи «Специфіка ціноутворення» з аналогічних міркувань виберемо показник  $x_{17}$  «Інфляція споживчих цін (% на рік)».

В результаті проведення дослідження пояснюючих змінних (додаток А) до моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на нечіткій логіці було також відібрано показник  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)» як репрезентант групи «Ринок трудових ресурсів»,  $x_{31}$  «Витрати на кінцеве споживання тощо (% від ВВП)» в якості представника групи «Урядова політика», та від групи «Бізнес» показник  $x_{38}$  «Індекс легкості ведення бізнесу» (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

**Вхідні показники інвестиційного потенціалу, що відібрані за  
кореляційним дослідженням для побудови моделі на підґрунті  
інструментарію нечіткої логіки**

<b>Змінна</b>	<b>Назва показника</b>	<b>Одиниці виміру</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
$x_2$	ВВП на душу населення	в поточних дол. США
$x_{17}$	Інфляція споживчих цін	% на рік

1	2	3
$x_{12}$	Зайнятість у промисловості	% від загальної зайнятості
$x_{23}$	Торгівля послугами	% від ВВП
$x_{31}$	Витрати на кінцеве споживання	% від ВВП
$x_{38}$	Індекс легкості ведення бізнесу	

Автор також здійснив спробу побудувати модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни на основі не самих значень показників (додаток А), а їх відносних змін у щорічному розрізі. Але жодних залежностей між результативним показником та змінами вхідних факторів виявлено не було (коефіцієнти кореляції між показником відносної зміни прямих іноземних інвестицій із показником зміни будь-якого вхідного фактору не перевищив 0,1 по модулю як для поточного року, так і зі зсувом на будь-який лаг). Крім того, коефіцієнти детермінації регресійних моделей, побудованих на різних можливих комбінаціях цих відносних показників, не перевищили 0,05, що свідчить про неадекватність такого підходу та недоцільність подібної обробки вхідних показників навіть з метою конструювання моделі на нечіткій логіці [127; 128].

*Етап 2 (Фаззіфікація).* У контексті нечіткої логіки під процедурою фаззіфікації розуміється не тільки окремий етап виконання нечіткого виводу, а й процес або процедура знаходження значень функцій належності нечітких множин (термів) на основі вхідних даних. Процедuru фаззіфікації ще називають введенням нечіткості [129].

Метою даного етапу є встановлення відповідності між значенням окремої вхідної змінної системи нечіткого виводу і значенням функції належності відповідного їй терма вхідної лінгвістичної змінної. Поняття лінгвістичної змінної відіграє важливу роль в нечіткому логічному висновку та в ухваленні рішень на основі наближених міркувань. Терм є елементом терм-множини. Терм-множиною називається множина всіх можливих значень лінгвістичної змінної.

Так, для формування бази знань при побудові моделі на підґрунті теорії нечіткої логіки використовуються три лінгвістичні терми для кожної змінної. Відповідно, для оцінювання всіх показників  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ , що характеризують інвестиційний потенціал країни, формується єдина шкала з трьох якісних термів:  $H$  – низький рівень показника  $x_i$ ,  $C$  – середній рівень показника  $x_i$ ,  $B$  – високий рівень показника  $x_i$ .

Для оцінювання значень результуючої лінгвістичної змінної  $y$ , що охоплює повну множину ступенів інвестиційного потенціалу країни, використовується лінгвістичні терми:  $H$  – низький інвестиційний потенціал,  $C$  – середній та  $B$  – високий інвестиційний потенціал країни.

Після завершення цього етапу для всіх вхідних змінних повинні бути визначені конкретні значення функцій належності по кожному з лінгвістичних термів, які будуть використовуватися в побудованій базі правил системи нечіткого виводу.

*Етап 3 (Побудова функцій належності).* На даному етапі побудови моделі, з метою розмежування значень рівнів параметрів моделі будуються функції належності всіх сформованих нечітких термів вхідних та вихідної змінних задля класифікації рівнів значень показників.

За допомогою функцій належності та відповідної бази правил значення вхідних змінних перетворюються у лінгвістичні змінні.

Функції належності можуть бути задані у вигляді:

- графіка (у неперервному випадку) або діаграми (у дискретному випадку);
- аналітичного виразу (формули);
- таблиці;
- вектора степенів належності;
- суми або інтегралу.

На практиці, при реалізації побудови моделі нечіткого логічного виводу, зручніше використовувати функції належності, які допускають

аналітичне представлення у вигляді деякої простої математичної функції. Це спрощує не тільки відповідні чисельні розрахунки, але і скорочує обчислювальні ресурси, необхідні для зберігання окремих значень цих функцій належності.

Нечіткі описи у моделі оцінювання інвестиційного потенціалу з'являються у зв'язку з непевністю експерта, що виникає в ході різного роду класифікацій. Наприклад, коли не вдається чітко розмежувати значення середнього та високого рівня деякого показника. У такому разі необхідно побудувати функції належності всіх нечітких термів як вхідних, так і результуючої змінних, щоб отримати можливість здійснювати адекватну класифікацію рівнів всіх показників.

Розглянемо декілька основних типів функцій належності:

1. Кусково-лінійна функція – функція, що визначена на множині дійсних чисел, лінійна на кожному з інтервалів, що становлять її область визначення. Найбільш характерними представниками таких функцій є «трапецієвидна» та «трикутна» функції належності (рис. 2.8).

Трикутна функція належності задається наступним аналітичним виразом:

$$\mu^T(X) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{b-x}{c-x}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}, \quad (2.23)$$

де  $a, b, c$  – числові параметри трикутної функції належності, що впорядковані співвідношенням  $a \leq b \leq c$ .

Трапецієвидна функція належності задається наступним аналітичним виразом:

$$\mu^T(X) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2.24)$$

де  $a, b, c, d$  – числові параметри трикутної функції належності, що впорядковані співвідношенням  $a \leq b \leq c \leq d$ .

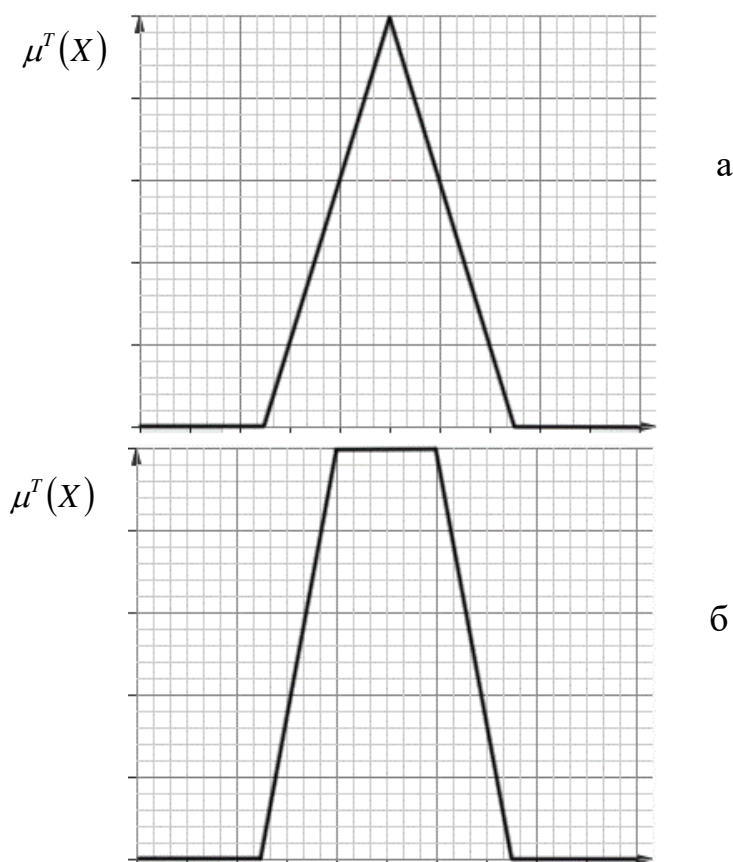


Рис. 2.8 Графіки функцій належності трикутної (а) та трапецевидної (б) форми

2. Z-подібні та S-подібні функції належності. Дані функції отримали свою назву з огляду на вид кривих, що представляють їх графіки (рис. 2.9).



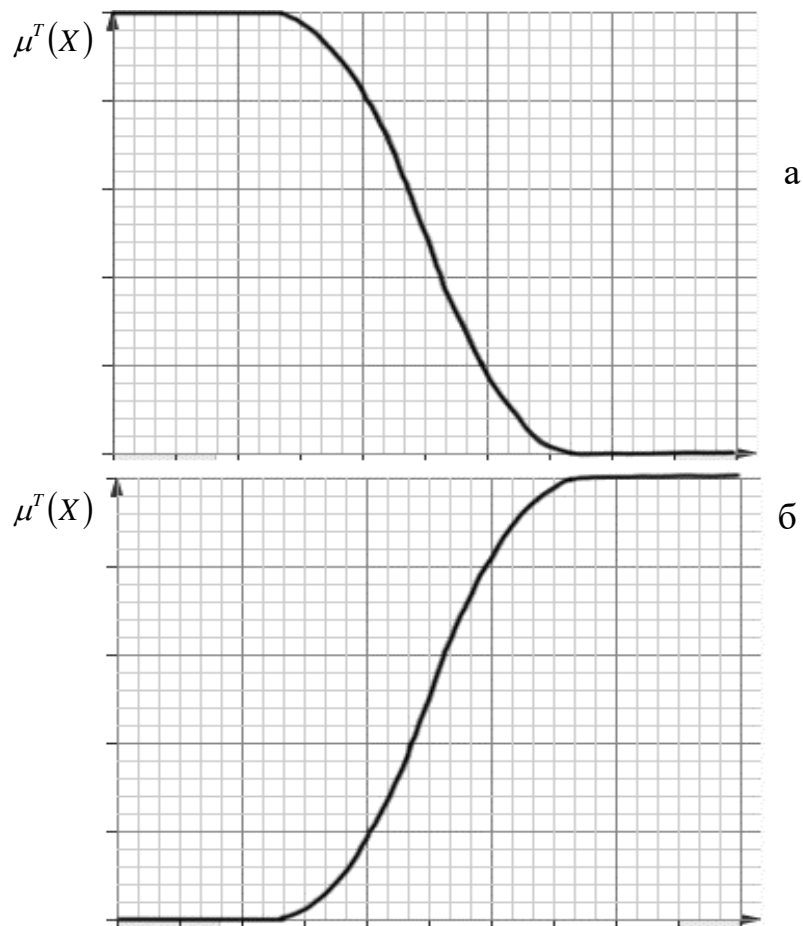


Рис. 2.9 Графіки функцій належності Z-подібної (а) та S-подібної (б) форми

Z-подібна функція належності здається наступним аналітичним виразом:

$$\mu^T(X) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 0 & b \leq x \end{cases}, \quad (2.25)$$

де  $a, b$ , – числові параметри трикутної функції належності, що впорядковані співвідношенням  $a \leq b$ .

S-подібна функція належності здається наступним аналітичним виразом:

$$\mu^T(X) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2\left(\frac{b-x}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \end{cases}, \quad (2.26)$$

де  $a, b$  – числові параметри трикутної функції належності, що впорядковані співвідношенням  $a \leq b$ .

Частковими випадками Z- та S-подібних функцій належності є лінійна Z-подібна та лінійна S-подібна функції. Слід зазначити, що подібні функції можуть бути використані для побудови трапецієвидних та трикутних функцій (рис. 2.8).

3. П-подібні функції належності. До даних функцій можна віднести цілий клас кривих, що за своєю формою нагадують дзвін, згладжену трапецію або літеру «П» (рис. 2.10).

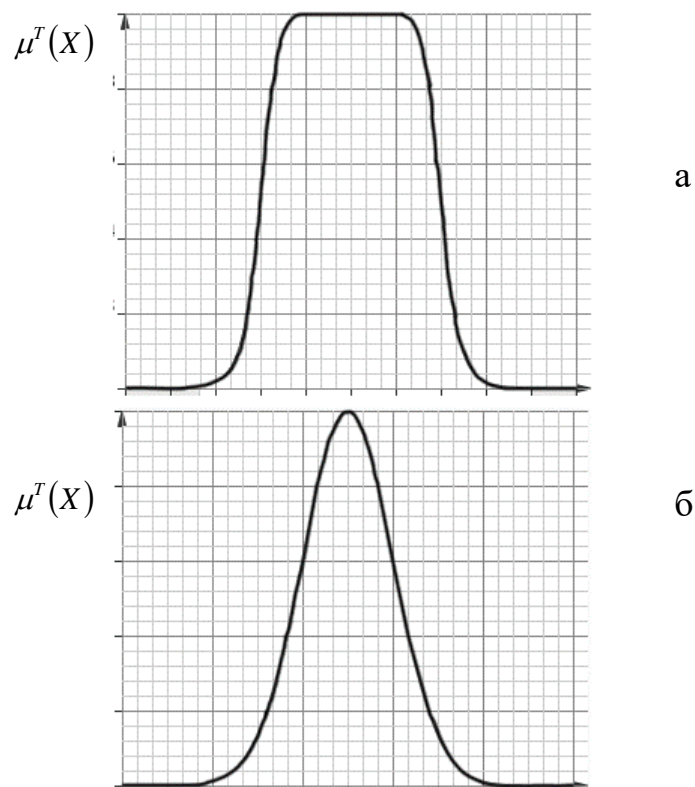


Рис. 2.10. Графіки квазідзвоноподібної (а) та гаусової (б) функцій належності

Квазідзвоноподібна функція належності задається наступним аналітичним виразом:

$$\mu^T(X) = \frac{1}{1 + \left(\frac{X - b_T}{c_T}\right)^2} \quad (2.27)$$

де  $c$  – коефіцієнт концентрації-розтягування функції;

$b$  – координата максимуму функції ( $\mu(b) = 1$ );

$T$  – лінгвістичний терм із множини  $\{H, C, B\}$ . Значення функцій належності бічних термів  $H$  та  $B$  усіх змінних за межами своїх максимумів  $b$  прирівнюються, як і в точках максимуму, до одиниці.

Гаусова функція належності задається наступним аналітичним виразом:

$$\mu^T(X) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.28)$$

де  $c$  – координата максимуму функції;

$\sigma$  – коефіцієнт концентрації-розтягування функції.

Очевидно, останні типи функцій належності породжують нормальні випуклі нечіткі множини, при цьому щільність нормального розподілу забезпечує унімодальність відповідної нечіткої множини.

*Етап 4 (Формування бази знань та правил прийняття рішень).*

Центральним елементом нечіткої моделі є база правил, оскільки саме в ній міститься інформація про структуру моделі. База правил містить основну інформацію про систему, що моделюється і тому вміння правильно її формувати є дуже важливою умовою. З підвищенням рівня складності моделі (збільшення кількості правил) так само веде до покращення її здатності описувати реальну систему [130].

З таких позицій складність моделі можна вважати її перевагою. Але зі збільшенням складності значно зростає й обсяг інформації про систему, який необхідний для визначення параметрів моделі (таких, наприклад, як параметри функцій належності всіх нечітких множин). У той же час обсяг наявної інформації про систему часто виявляється недостатнім для того, щоб побудувати більш складну модель, і з цієї точки зору складність моделі є її недоліком. При розгляді задач нечіткого моделювання необхідно ставити деякі розумні межі рівня складності.

Формування набору правил повинно виконуватися за умови: правила не повинні перетинатися та дублювати одне одного.

Система на базі нечітких знань повинна містити механізм прийняття рішень, який би надав можливість робити висновок про інвестиційний потенціал країни. В табл. 2.9 наведено набір вирішальних правил щодо оцінювання чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року на основі низки пояснюючих змінних поточного року, який отримано в результаті аналізу закономірностей у статистичних даних країн, віднесених на другому рівні ієрархії моделі до другого кластеру.

Таблиця 2.9

**База знань щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни**

Лінгвістичні значення показників						Вага	Вихідна змінна
1	2	3	4	5	6	7	8
$x_2$	$x_{12}$	$x_{17}$	$x_{23}$	$x_{31}$	$x_{38}$	$w$	$y$
$C$	$C$	$C$	$H$	$C$	$C$	$w_1^H$	$H$
$-C$	$B$	$C$	$C$	$-B$	$-C$	$w_2^H$	
$C$	$C$	$C$	$-B$	$-B$	$-B$	$w_3^H$	
$C$	$C$	$C$	$C$	$C$	$C$	$w_4^H$	
$-C$	$C$	$C$	$H$	$H$	$C$	$w_1^C$	$C$
$H$	$H$	$C$	$C$	$C$	$H$	$w_2^C$	
$H$	$H$	$-H$	$B$	$B$	$B$	$w_3^C$	

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>C</i>	<i>-C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>-C</i>	$w_4^C$	
<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	$w_1^B$	<i>B</i>
<i>C</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>-B</i>	$w_2^B$	
<i>C</i>	<i>H</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>-C</i>	<i>C</i>	$w_3^B$	

У сформованій базі правил позначка «-» означає операцію заперечення, тобто терм «-H» означає не низький рівень показника, терм «-C» – не середній рівень показника і терм «-B» – не високий рівень показника.

Правила прийняття рішень, що свідчать про високу оцінку інвестиційного потенціалу країни та які записані в останніх трьох рядках табл. 2.9, у термінах теорії нечіткої логіки означатимуть лінгвістичне висловлювання: «ЯКЩО значення показника  $x_2$  для аналізованої країни є високе ТА показник  $x_{12}$  середній, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  високий, ТА  $x_{31}$  середній, ТА  $x_{38}$  високий АБО ЯКЩО  $x_2$  середній ТА  $x_{12}$  високий, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  середній, ТА  $x_{31}$  середній, ТА  $x_{38}$  не високий, АБО ЯКЩО  $x_2$  середній ТА  $x_{12}$  низький, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  високий, ТА  $x_{31}$  не середній, ТА  $x_{38}$  середній, ТОДІ ступінь інвестиційного потенціалу країни  $y$  є високою». Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису зазначеного вирішального правила визначення високого інвестиційного потенціалу країни:

$$\begin{aligned} \mu^B(y) = & w_1^B \left[ \mu^B(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^B(x_{38}) \right] \vee \\ & \vee w_2^B \left[ \mu^C(x_2) \cdot \mu^B(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^{-B}(x_{38}) \right] \vee \\ & \vee w_3^B \left[ \mu^C(x_2) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^{-C}(x_{31}) \cdot \mu^C(x_{38}) \right] \end{aligned} \quad (2.29)$$

де  $\mu^{dj}(y)$  – функція належності вектора вхідних змінних  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ , значенню  $d_j$  вихідної змінної  $y$  з множини  $\{H, C, B\}$ ;

$I$  – кількість вхідних змінних (у даній задачі  $I = 6$ );

$\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$  – функція належності вхідної змінної  $x_i$  лінгвістичному терму  $a_i^{jp}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $i = \overline{1, I}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$  ( $\mu^{-a}(x_i) = 1 - \mu^a(x_i)$ );

$m$  – кількість значень вихідної змінної  $y$  (в нашій задачі  $m = 3$ );

$k_j$  – кількість правил у базі знань, що відповідають  $j$ -му терму вихідної змінної  $y$  (у нас  $k_1 = k_2 = 4$ ,  $k_3 = 3$ );

$w_p^{dj}$  – вага  $p$ -го правила серед тих, що відповідають терму  $d_j$  вихідної змінної. Вага являє собою число з інтервалу  $[0, 1]$ , яке характеризує впевненість експерта в кожному вибраному ним для прийняття рішення конкретному правилі (зазвичай всі ваги правил спочатку прирівнюються до одиниці та в результаті проведення оптимізації моделі на реальних даних можуть зменшуватись, якщо правило не відповідає дійсності).

Правила прийняття рішень, що свідчать про середню оцінку інвестиційного потенціалу країни та які записані в перших трьох рядках табл. 2.9, у термінах теорії нечіткої логіки означатимуть лінгвістичне висловлювання: «ЯКЩО значення показника  $x_2$  для аналізованої країни є середній ТА показник  $x_{12}$  середній, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  низький, ТА  $x_{31}$  низький, ТА  $x_{38}$  середній АБО ЯКЩО  $x_2$  не середній ТА  $x_{12}$  високий, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  середній, ТА  $x_{31}$  не високий, ТА  $x_{38}$  не середній, АБО ЯКЩО  $x_2$  середній ТА  $x_{12}$  середній, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  не високий, ТА  $x_{31}$  не високий, ТА  $x_{38}$  не високий, АБО ЯКЩО  $x_2$  середній ТА  $x_{12}$  середній, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  середній, ТА  $x_{31}$  середній, ТА  $x_{38}$  середній, ТОДІ ступінь інвестиційного потенціалу країни  $y$  є низькою». Представлено за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису зазначеного вирішального правила визначення високого інвестиційного потенціалу країни:

$$\begin{aligned}
\mu^C(y) = & w_1^C \left[ \mu^{-C}(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^H(x_{23}) \cdot \mu^H(x_{31}) \cdot \mu^C(x_{38}) \right] \vee \\
\vee & w_2^C \left[ \mu^H(x_2) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^H(x_{38}) \right] \vee \\
\vee & w_3^C \left[ \mu^H(x_2) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^{-H}(x_{17}) \cdot \mu^B(x_{23}) \cdot \mu^B(x_{31}) \cdot \mu^B(x_{38}) \right] \vee \\
\vee & w_4^C \left[ \mu^C(x_2) \cdot \mu^{-C}(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^{-C}(x_{38}) \right] \vee
\end{aligned} \quad (2.30)$$

Правила прийняття рішень, що свідчать про низьку оцінку інвестиційного потенціалу країни та які записані з п'ятого по восьмий рядок табл. 2.9, у термінах теорії нечіткої логіки означатимуть лінгвістичне висловлювання: «ЯКЩО значення показника  $x_2$  для аналізованої країни є не середнє ТА показник  $x_{12}$  середній, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  низький, ТА  $x_{31}$  низький, ТА  $x_{38}$  середній АБО ЯКЩО  $x_2$  низький ТА  $x_{12}$  низький, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  середній, ТА  $x_{31}$  середній, ТА  $x_{38}$  низький, АБО ЯКЩО  $x_2$  низький ТА  $x_{12}$  низький, ТА  $x_{17}$  не низький, ТА  $x_{23}$  високий, ТА  $x_{31}$  високий, ТА  $x_{38}$  високий, АБО ЯКЩО  $x_2$  середній ТА  $x_{12}$  не середній, ТА  $x_{17}$  середній, ТА  $x_{23}$  середній, ТА  $x_{31}$  середній, ТА  $x_{38}$  не середній, ТОДІ ступінь інвестиційного потенціалу країни  $y$  є середньою». Представлено за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису зазначеного вирішального правила визначення високого інвестиційного потенціалу країни:

$$\begin{aligned}
\mu^H(y) = & w_1^H \left[ \mu^C(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^H(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^C(x_{38}) \right] \vee \\
\vee & w_2^H \left[ \mu^{-C}(x_2) \cdot \mu^B(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^{-B}(x_{31}) \cdot \mu^{-C}(x_{38}) \right] \vee \\
\vee & w_3^H \left[ \mu^C(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^{-B}(x_{23}) \cdot \mu^{-B}(x_{31}) \cdot \mu^{-B}(x_{38}) \right] \vee \\
\vee & w_4^H \left[ \mu^C(x_2) \cdot \mu^C(x_{12}) \cdot \mu^C(x_{17}) \cdot \mu^C(x_{23}) \cdot \mu^C(x_{31}) \cdot \mu^C(x_{38}) \right] \vee
\end{aligned} \quad (2.31)$$

Оскільки для опису кожного терму вихідної змінної використовується різна кількість правил, то об'єднання розрахунків за усіма правилами, що відносяться до одного терму результуючого показника, доцільно здійснювати за операцією максимізації, щоб не віддавати перевагу термам з більшою кількістю правил. А для того, щоб при розрахунку вихідної змінної по кожному правилу враховувати значення всіх вхідних показників, операцію

перетину функцій належності всіх вхідних змінних реалізуватимемо шляхом їх добутку:

$$y = \arg \max_{p=1, k, j=1, m} \left\{ w_p^{d_j} \prod_{i=1}^I \mu_i^{a_i^{jp}}(x_i) \right\}, \quad (2.32)$$

де  $d_j = \{H, C, B\}$ .

Від цього моменту модель можна використовувати для здійснення оцінювання інвестиційного потенціалу країни, хоча за наявності статистичних даних варто провести оптимізацію її параметрів, що і було зроблено в цій роботі.

*Етап 5 (Налаштування параметрів моделі).* Процедура оптимізації полягає у мінімізації функції помилки (відхилення) шляхом вибору «правильного» вектору параметрів моделі  $H^*$ :

$$H^* = \arg \min_H u(H), \quad (2.33)$$

де  $H^*$  – оптимальний вектор параметрів моделі, що мінімізує функцію помилки;

$u(H)$  – функція помилки.

При проведенні налаштування параметрів моделі здійснюється оптимізація всіх ваг правил та параметрів функцій належності всіх вхідних та результуючої змінних. В принципі, навчання моделі не є обов'язковим, оскільки за наявності базових правил вона вже може видавати рішення для будь-яких значень пояснюючих змінних. Проте, якщо провести оптимізацію моделі на існуючому статистичному матеріалі, то якість її логічного висновку можна суттєво підвищити.

Функція помилки для нечіткої моделі залежить від:

- Вибірки вектору вхідних змінних  $(x_i)$ ,  $i = \overline{1, I}$ ;
- Структури побудованої моделі;
- Значень векторів параметрів моделі  $H$ .



На рис. 2.11 зображено функція похибки для двох параметрів. По осі абсцис та ординат відкладено значення даних параметрів, а по осі аплікату – значення функції помилки.

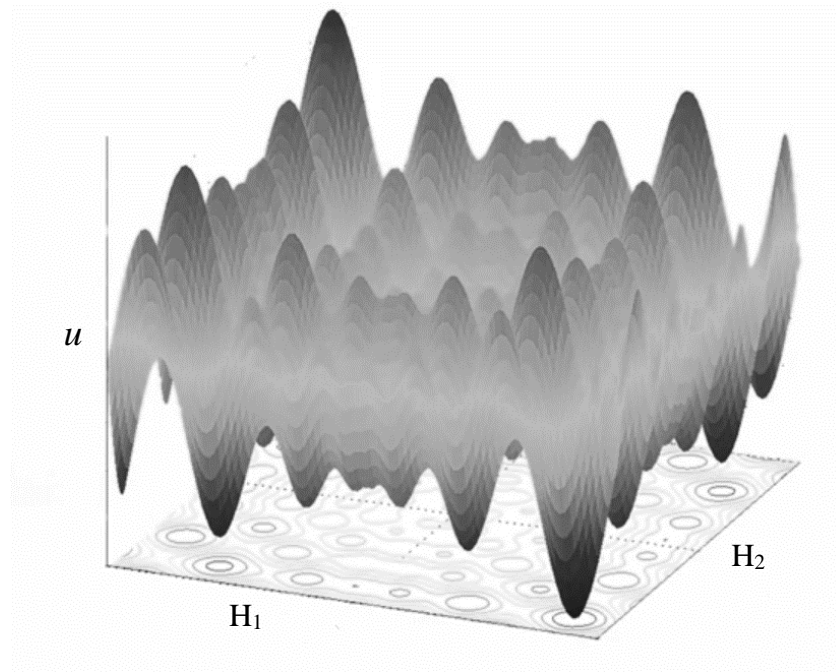


Рис. 2.11. Графічне зображення функції помилок для двох змінних

Функція помилки може мати значну кількість локальних мінімумів, котрі навіть у просторі малої розмірності не легко виявити.

Існують два найбільш поширені алгоритми оптимізації параметрів моделі:

- алгоритми стохастичної оптимізації;
- алгоритми градієнтного спуску.

У випадку стохастичної оптимізації відбувається процедура випадкового перебору рішення вектора параметрів  $H$  там, де він може дістати мінімуму функції помилки  $u$ . Наприклад, це можна зробити за допомогою:

- випадкового перебору значень векторів параметрів  $H_1, H_2, \dots$ ;
- використання генетичного алгоритму (*genetic algorithm*) оптимізації, котрий послідовно модифікує значення векторів параметрів  $H_1 \rightarrow H_2 \rightarrow \dots$ [137];

- використання бактеріального еволюційного алгоритму (*bacterial evolutionary algorithm*) [138];
- алгоритму імітації відпалу (*simulated annealing*), котрий змінює значення параметрів за розкладом та з початку шукає мінімум функції у широкій області, а потім звужує область пошуку до знаходження глобального мінімуму.

Алгоритм локальної апроксимації функції помилки мінімізує не функцію помилки  $u$ , а функцію, котра її апроксимує у околі точки  $H^*$ . Наприклад зручно апроксимувати за допомогою квадратичної функції:

$$u(H) = u(H^*) + \frac{1}{2}(H - H^*)^T \eta(H - H^*) \quad (2.34)$$

У багатовимірному випадку дана квадратична функція має вигляд квадратичної форми. На кожному кроці алгоритму знаходиться мінімум такої функції і зсувається окіл у якій продовжується апроксимація і пошук мінімуму вихідної функції.

Основна ідея градієнтного методу оптимізації параметрів моделі є обчислення градієнта цільової функції (функції помилки) у фактичній точці та зрушення до більш низьких значень цільової функції шляхом модифікації вектору параметрів моделі.

Алгоритм градієнтного спуску передбачає, що функція помилки  $u(H)$  може бути диференційована, тобто вона квадратична або крос-ентропійна (*cross-entropy*). Задаючи значення параметрів  $H$ , можна обчислити значення функції помилки  $u$  та її градієнт  $\nabla_H u$ .

Наприклад, на рис. 2.11 по осі абсцис і ординат зображено значення параметрів (для двовимірного простору параметрів), а по осі аплікату зображено значення функції помилки  $u(H)$ . Необхідно, виходячи з початкової точки  $H_c$ , спуститися до точки мінімуму  $H_b$  рухаючись у

напрямку від градієнта  $\nabla_H u$ . При цьому слід розуміти, що точка  $H_B$  може бути як глобальним мінімумом, так і локальним мінімумом, як, наприклад, точка  $H_A$ .

Гرادієнтний спуск – це покрокова процедура знаходження параметра  $w^*$  крокуємо до тих пір, поки значення функції помилки не стабілізується:

$$H_{k+1} = H_k + \alpha \sum_{i=1}^l \nabla_H \varphi(H_k, x_i) \quad (2.35)$$

де  $\varphi$  – помилка на одному об'єкті, а її часткова похідна за параметрами:

$$\nabla_H \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial H} \quad (2.36)$$

$\alpha$  – величина кроку,

$k$  – номер ітерації ітераційної процедури.

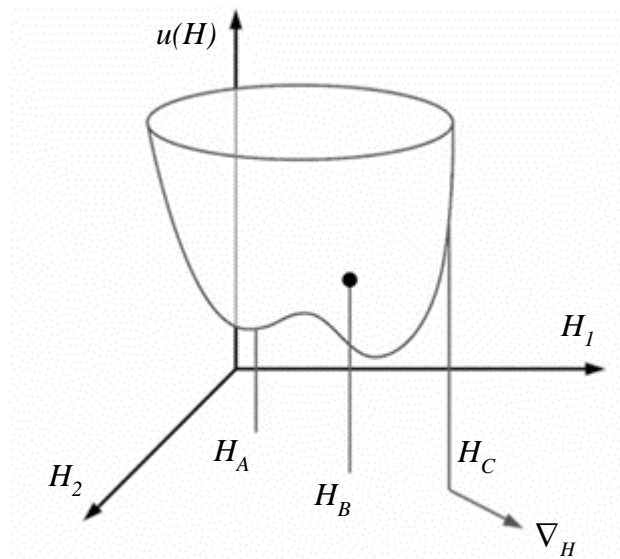


Рис. 2.12. Графічне зображення оптимізації функції помилок для двох змінних

Тобто кожен наступний крок залежить від попереднього та від суми градієнтів функцій помилки на одному об'єкті.

Одним з найбільш поширених методів цього типу є алгоритм зворотного поширення помилки [133; 134]. Інший більш просунутий та ефективний алгоритм Левенберга – Марквардта [135; 136].

Існують варіанти об'єднання еволюційних та градієнтних методів оптимізації [137; 138].

Ще один варіант оптимізації параметрів моделі – це стохастичний градієнтний спуск. Використовується, коли не обов'язково використовувати всю вибірку для розрахунку градієнта. Пропонується напрямок градієнта  $\nabla_H \varphi$  розрахувати для випадково обраного об'єкту  $x_i$ :

$$H_{k+1} = H_k + \alpha \nabla_H \varphi(H_k, x_i) \quad (2.37)$$

Даний алгоритм використовує випадково впорядковані об'єкти  $x_1, \dots, x_l$  та продовжується до стабілізації функції помилки.

Підсумовуючи, слід сказати, що для оптимізації параметрів моделі використовуються як стохастичні так і градієнтні методи. Стохастичні алгоритми потребують багатократного вгадування векторів параметрів моделі та можуть працювати досить довгий проміжок часу. Градієнтні методи потребують диференційованості функції помилки, але можуть «застрягати» у локальних мінімумах функції помилки. Отже, вибір методу оптимізації залишається прикладним мистецтвом та залежить від характеру задачі, яку необхідно вирішити.

*Етап 6. Дефазифікація.* Процедура дефазифікації в системах нечіткого висновку являє собою процедуру або процес знаходження звичайного, тобто не нечіткого, значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних [129].

Мета дефаззифікації полягає в тому, щоб, використовуючи результати акумулювання всіх вхідних лінгвістичних змінних, отримати звичайне кількісне значення (*crisp value*) кожної з вихідних змінних.

Формально процедура дефаззифікації виконується наступним чином. До початку цього етапу передбачається, що відомі функції належності всіх вхідних лінгвістичних змінних у формі нечітких множин. Далі послідовно розглядається кожна з вхідних лінгвістичних змінних та відповідна до неї нечітка множина. Результат дефаззифікації для вихідної лінгвістичної змінної визначається у вигляді кількісного значення.

Етап дефаззифікації вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначені кількісні значення в формі деякого дійсного числа.

Для виконання чисельних розрахунків на етапі дефаззифікації можуть бути використані наступні формули, що отримали назву методів дефаззифікації:

- Метод центру тяжіння (*Centre of Gravity*) розраховується за наступною формулою:

$$y = \frac{\int_{\min}^{\max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{\min}^{\max} \mu(x) dx}, \quad (2.38)$$

де  $y$  – результат дефаззифікації;

$x$  – змінна, що відповідає вхідній лінгвістичній змінній;

$\mu(x)$  – функція належності нечіткої множини;

$\min$  та  $\max$  – ліва та права точки інтервалу носія нечіткої множини.

При дефаззифікації методом центру тяжіння звичайне, не нечітке значення вихідної змінної дорівнює абсцисі центру тяжіння площі, що обмежена графіком кривої функції належності відповідної вхідної змінної.

- Метод центру ваги для одноточкових множин (*Centre of Gravity for Singletons*) розраховується за формулою:

$$y = \frac{\int_{i=1}^n x\mu(x_i)}{\int_{i=1}^n \mu(x_i)}, \quad (2.39)$$

де  $n$  – кількість одноточкових нечітких множин, кожне з яких характеризує єдине значення вихідної лінгвістичної змінної.

- Метод центру площини (*Centre of Area*):

$$\int_{\min}^y \mu(x)dx = \int_y^{\max} \mu(x)dx. \quad (2.40)$$

Іншими словами, центр площі дорівнює абсцисі, що ділить площу, обмежену графіком кривої функції належності відповідної вхідної змінної, на дві рівні частини.

- Метод лівого модального значення (*Left Most Maximum*):

$$y = \min \{x_m\}; \quad (2.41)$$

$$x_m = \arg \max_{x \in [a,b]} \{\mu(x)\}, \quad (2.42)$$

де  $x_m$  – модальне значення нечіткої множини відповідної вихідної змінної на певному заданому інтервалі  $[a,b]$ .

У даному випадку значення вихідної змінної визначається як мода нечіткої множини для відповідної вхідної змінної або як найменша серед мод (найбільш ліва), якщо нечітка множина має декілька модальних значень.

- Метод правого модального значення (*Right Most Maximum*):

$$y = \max \{x_m\}, \quad (2.43)$$

де  $x_m$  – модальне значення нечіткої множини відповідної вихідної змінної.

Іншими словами значення вихідної змінної так само визначається, як мода нечіткої множини для відповідної вхідної змінної або як найбільша серед мод (найбільш права), якщо нечітка множина має декілька модальних значень.

Слід зазначити, що методи дефазифікації не обмежуються зазначеними вище варіантами та можуть бути запропоновані інші варіанти.

Розглянуті етапи нечіткого логічного висновку можуть дещо модифікуватися. В науковій літературі така специфікація процедури нечіткого висновку визначена у розрізі певних алгоритмів. Загалом етапи нечіткого логічного висновку зображено на рис. 2.13.

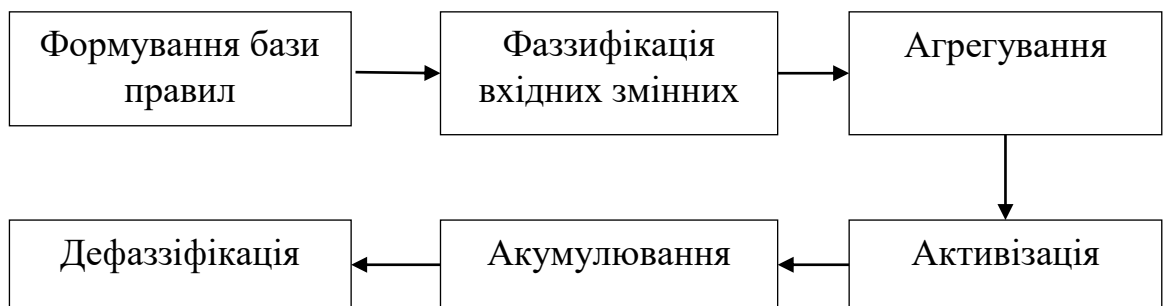


Рис. 2.13. Формальні етапи формування моделі нечіткого логічного висновку

Серед основних алгоритмів, що набули найбільшого вжитку виділимо алгоритм Мамдані (*Mamdani*) та алгоритм Сугено (*Sugeno*). Головною особливістю даних підходів є спосіб завдання значень вхідної змінної в правилах, що утворюють базу знань. Так, за алгоритмом Мамдані значення вихідної змінної задаються нечіткими термами. Відповідно за алгоритмом Сугено – як лінійна функція вхідних змінних.

З огляду на специфіку завдання оцінювання інвестиційного потенціалу країни на думку автора використання алгоритму Мамдані є більш доцільним, оскільки форма залежності інвестиційного потенціалу від вектору вхідних

даних залишається невідома, тому і оцінювання даної величини слід ґрунтувати на нечіткій оцінці.

Результатом застосування подібної моделі є лінгвістичний опис інвестиційного потенціалу країни, а також кількісна оцінка чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року після того, за який подаються дані на вхід моделі.

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі дисертації розроблено методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни, що ґрунтується на ієрархічній моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни та складається з трьох рівнів ієрархії. На нижньому, третьому, рівні ієрархії відбувається збір та опрацювання набору показників інвестиційного потенціалу, що характеризують його різноманітні аспекти і співвідношення. Математичною основою другого рівня ієрархії є штучна нейронна мережа на основі карт самоорганізації Кохонена, яка дає можливість отримати кластери країн, що найбільш подібні між собою за показниками інвестиційного потенціалу. На заключному рівні ієрархії з метою оцінювання інвестиційного потенціалу країни пропонується застосування інструментарію теорії нечіткої логіки.

Запропонована система показників інвестиційного потенціалу країни. Набір даних був сформований так, щоб відобразити якомога більше аспектів інвестиційної діяльності країни як з боку потенційного інвестора, так і зі сторони країни-реципієнта. З метою порівнянності країн між собою всі показники були зведені до відносних величин.

Для оцінювання інвестиційного потенціалу країни було обрано 41 вхідний показник, що за принципами вичерпності та інформативності найбільше характеризують інвестиційний потенціал країни. Обрані показники характеризують розвиток та потенціал ринку трудових ресурсів,



обсяги валового внутрішнього продукту, специфіку ціноутворення, торгівлі, урядових дій та бізнес-сфери.

Розкрито структуру та основні етапи побудови карти самоорганізації Кохонена. Запропоновані альтернативні напрямки визначення розмірності карти, міри відстані між нейронами, функцій швидкості навчання та сусідства.

Проведено кореляційний аналіз вхідних показників інвестиційного потенціалу країни. Зосереджено увагу, що у літературі з нечіткого моделювання рекомендується, щоб кількість входів моделі була не більше за  $7 \pm 2$  пояснюючих змінних. Виділено шість показників-репрезентантів своїх груп, серед яких  $x_2$  (ВВП на душу населення в доларах США), як представника групи показників валового внутрішнього продукту;  $x_{17}$  (Інфляція споживчих цін, % на рік), як представника групи специфіки ціноутворення;  $x_{12}$  (Зайнятість у промисловості, % від загальної зайнятості), як представника групи показників ринку трудових ресурсів;  $x_{23}$  (Торгівля послугами, % від ВВП), як репрезентанта групи показників торгівлі;  $x_{31}$  (Витрати на кінцеве споживання, % від ВВП), як представника групи показників уряду;  $x_{38}$  (Індекс легкості ведення бізнесу), як репрезентанта групи показників бізнесу.

Розкрито алгоритм побудови нечіткої моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни. Сформовано терми для всіх вхідних та вихідної змінної. Визначено основні форми побудови функцій належності. Сформована база знань та правил прийняття рішень щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни. База знань складається з одинадцяти правил: чотири правила для терму «Низький», три для терму «Середній» та три для терму «Високий».

Визначено основні алгоритми налаштування параметрів моделі. Виділено стохастичні та градієнтні алгоритми оптимізації параметрів моделі, головною метою яких є мінімізація функції помилки.

Визначено процедуру або процес знаходження звичайного, тобто не нечіткого, значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних. Виділено основні алгоритми побудови системи нечіткого логічного висновку. З огляду на специфіку завдання оцінювання інвестиційного потенціалу країни на думку автора використання алгоритму Мамдані є більш доцільним, оскільки форма залежності інвестиційного потенціалу від вектору вхідних даних залишається невідома, тому і оцінювання даної величини слід ґрунтувати на нечіткій оцінці.

Основні результати розділу 2 опубліковано у наукових працях автора [104; 105; 111-113; 125; 127; 128].

### РОЗДІЛ 3

## ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРАЇНИ

### 3.1. Інформаційне забезпечення процесу нейро-нечіткого моделювання інвестиційного потенціалу країни

Розглянемо процес оцінювання інвестиційного потенціалу країни на базі інструментарію нейронної мережі, що самоорганізуються та теорії нечіткої логіки. Суб'єктом оцінювання інвестиційного потенціалу слугуватиме Україна. Сучасний стан розвитку світових економічних процесів потребує вкрай ефективного використання інвестиційного потенціалу країни. З одного боку активізація даного процесу ґрунтується на державній підтримці, а саме сприянню розвитку інвестиційного насичення, з іншого стимулює ріст фінансових вливань. Саме від ефективності вирішення даної задачі на пряму залежить як фінансовий, так і соціально-економічний стан України.

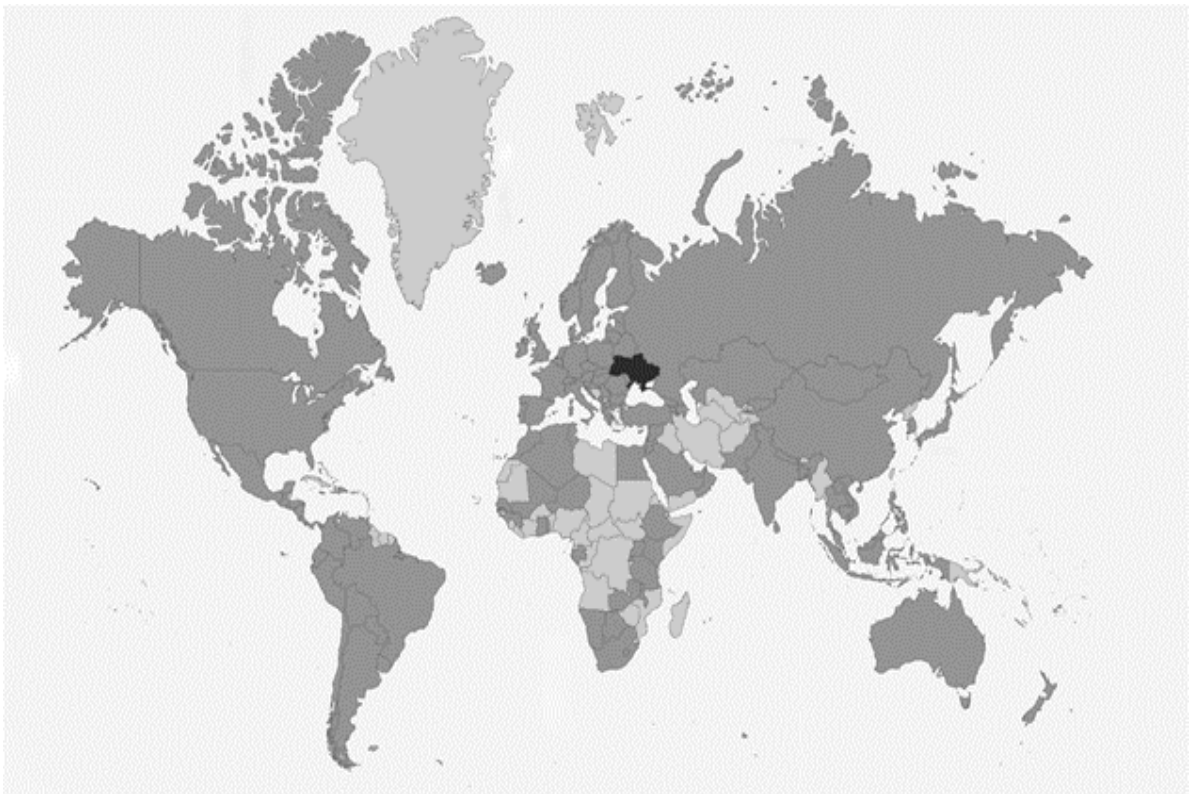
Оцінювання інвестиційного потенціалу України ґрунтується на множині вхідних ( $x_i$ ) та вихідної змінних ( $y$ ), що розглянуті у п. 2.1. В той же час побудова даної системи моделей проводиться у розрізі країн світу.

Статистичні показники, що використовуються в аналізі інвестиційного потенціалу країни, були відібрані з відкритих офіційних джерел інформації. З повним переліком джерел інформації по кожній змінній можна ознайомитися у додатку А, табл. А.2. Набір даних був зібраний, щоб відобразити якомога більше аспектів інвестиційного потенціалу країни як з боку потенційного інвестора, так і зі сторони країни-реципієнта.

Кожен з показників (додаток А, табл. А.1) представлений для кожної країни щорічними часовими рядами довжиною у 10 років (2005-2014 рр.). Проте не для всіх країн інформація була доступна в повному обсязі. Цю проблему було вирішено трьома шляхами:

1. Доповнення пропущених даних додатковими базами даних, зокрема [139];
2. Виключення показників, дані по яким неможливо «відновити», якщо вони пропущені для значної кількості країн;
3. Виключення країн, більшість даних яких відсутні.

У результаті такого формування масиву даних для дослідження було відібрано 123 країни (додаток В). На рис. 3.1 світлим кольором виділені країни, які не було враховано в дослідженні через відсутність достатнього обсягу інформації, темним кольором – основна країна дослідження (Україна), а проміжна градація сірого відповідає країнам, відібраним для аналізу інвестиційного потенціалу.



*Рис. 3.1. Мапа країн світу, дані яких використовувались у дослідженні*

На даний час існує низка сучасних програмних пакетів, котрі реалізують інструментарій побудови карт самоорганізації Кохонена та нечіткої логіки. Серед них виділимо: MATLAB, Deductor Studio Academic, SOMine, STATISTICA та багато інших.

Для вирішення поставлених у дисертаційному дослідженні задач, побудову економіко-математичної моделі кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу здійснено із застосуванням програмного продукту Deductor Studio Academic – аналітичної платформи для створення прикладних рішень в області аналізу даних. Технології Deductor Studio Academic дозволяють на базі однієї архітектури пройти всі етапи побудови аналітичної системи: від створення бази даних до автоматичного підбору моделей і візуалізації отриманих результатів.

Один з модулів Deductor Studio Academic дозволяє реалізувати алгоритм побудови карт самоорганізації Кохонена. На першому етапі відбувається імпорт даних з подальшим визначенням ролі використання кожної із змінних. На другому етапі пропонується процедура нормалізації даних (2.3-2.5). На третьому етапі відбувається процедура розбиття вхідного простору даних на тестову множину та навчальну множину. На четвертому етапі обирається розмірність карти самоорганізації, кількість нейронів та форма конфігурації клітинки нейрона – прямокутна або гексагональна (рис. 2.2). На п'ятому етапі відбувається процедура налаштування параметрів навчання нейронної мережі, таких як спосіб налаштування початкової ініціалізації, швидкість навчання, радіус навчання, вибір функції сусідства, визначення кількості кластерів тощо. На останньому етапі відбувається безпосереднє навчання карти самоорганізації із заданими параметрами.

Серед основних переваг даного комплексу виділимо:

- Поглиблена аналітика без застосування мов програмування;
- Широкий перелік технологій аналізу з підтримкою візуалізації отриманих результатів;
- Інтеграція з різними джерелами інформації;

- Можливість безкоштовного користування.

Проте даний програмний продукт не позбавлений й недоліків:

- З огляду на можливість використання безкоштовної версії, накладаються певні обмеження, що можуть вплинути на швидкість реалізації проекту;
- Не дивлячись на широке коло технологій та відносно деталізованість їх використання, відсутня певна гнучкість у побудові алгоритмів аналізу, особливо це стосується оптимізації параметрів моделі.

В той же час, реалізація алгоритму нечіткого логічного висновку покладено на продукт американської компанії «The MathWorks» Matlab – пакет прикладних програм для вирішення та проведення математичних розрахунків і моделювання складних систем, що має вбудовану мову програмування та необхідний інструментарій для нечіткої логіки – командний інтерфейс для програмного створення нечітких моделей Fuzzy Logic Toolbox.

Методологічний підхід розроблений в розділі 2 покладено в основу програмної надбудови для середовища Matlab.

Програмний продукт реалізує впровадження моделі з метою вирішення поставленої економічної задачі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на підґрунті нечіткої логіки. Програма має модульну структуру. На першому етапі реалізується вибір типу алгоритму нечіткого логічного висновку. Після вибору задачі, аналізу та формування вибірки вхідних та вихідної даних передбачено налаштування моделі нечіткого логічного висновку. В рамках розробленого програмного модулю передбачено можливість побудови і проведення детального налаштування всіх параметрів моделі. Детальна методика налаштування та реалізації нейронної мережі зустрічного розповсюдження розкрита у розділі 2.3. Відповідно до неї, до виділених налаштувань входять: визначення типу моделі нечіткого логічного висновку, побудова нечіткої бази правил, вибір форми та параметрів функцій належності, визначення кількості нечітких термів. Окремим модулем

реалізовано процедуру оптимізації параметрів моделі з метою підвищення її ефективності та адекватності.

Додатковою перевагою, яка підтверджує доцільність розробки саме програмної надбудови, а не самостійного програмного продукту є можливість використовувати всю потужність комплексу Matlab для проведення необхідного аналізу та візуалізації результатів графічно.

Серед переваг застосування програмного продукту Matlab можна виділити:

- Потужність арсеналу вбудованих функцій;
- Висока гнучкість побудови алгоритмів практично будь-якої складності;
- Можливість побудови власних алгоритмів розв'язку задач;
- Зручний графічний інтерфейс.

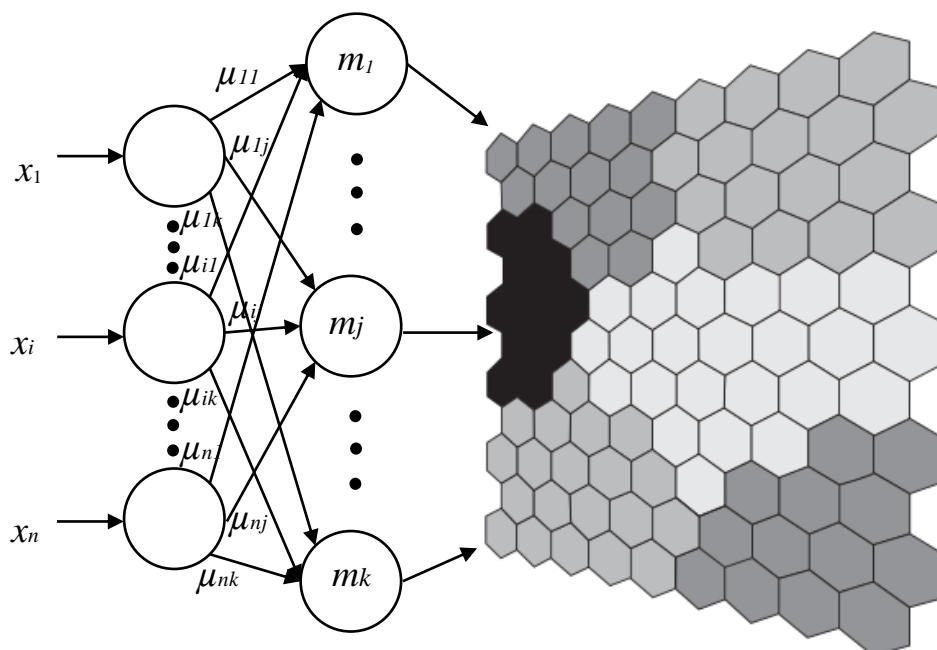
Слід згадати й про недоліки:

- Коштовність придбання ліцензії;
- Складність використання без знання мови програмування Matlab.

Комбінація застосування зазначених програмних продуктів повністю задовольняє всі аспекти оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

### **3.2. Проведення кластерного аналізу країн світу за показниками інвестиційного потенціалу**

Для вирішення задачі кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу та подальшим визначенням місця України у даній системі розроблено математичну модель на основі штучної нейронної мережі Кохонена (рис. 3.2).

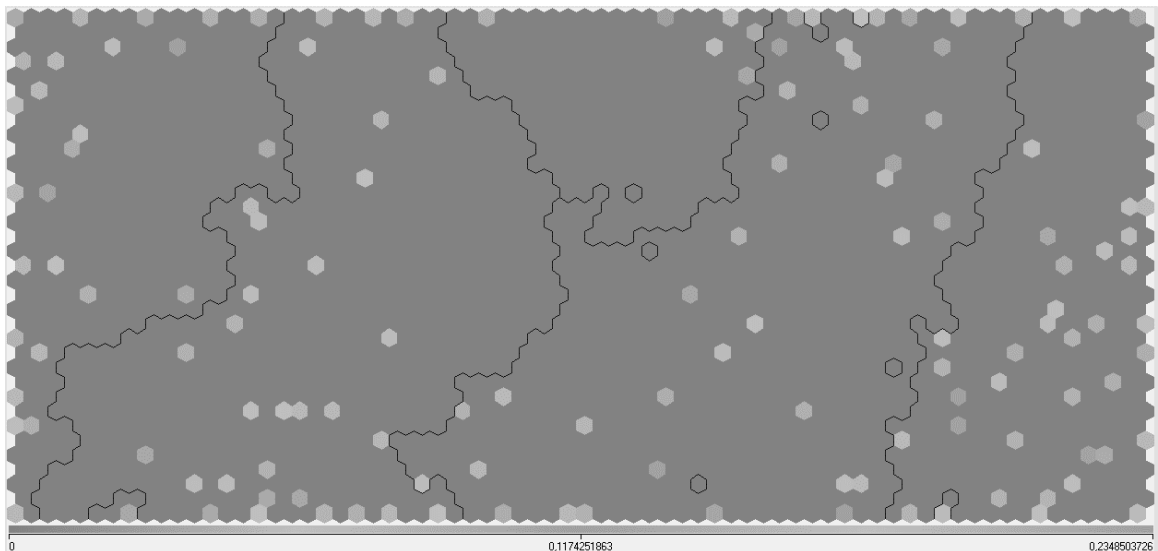


*Рис. 3.2. Нейромережева модель кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу*

На рис. 3.2  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – вектор вхідних даних країн світу (див. табл. А.1 додатку А),  $k$  – кількість нейронів Кохонена.

Для побудови карти самоорганізації слід визначити оптимальну кількість нейронів, що здійснюється експериментально відповідно до поставленої задачі та з урахуванням особливостей досліджуваних показників. Розмірність карти самоорганізації (кількість нейронів) у нашому дослідженні була обрана з низки варіантів за критерієм середньозваженої помилки квантування (рис. 3.3). Матриця помилок квантування відображає середню відстань між прикладом та центрами клітинок (які відповідають вузлам решітки карти Кохонена). Кожен приклад відображається у багатовимірному просторі, де кількість вимірів відповідає кількості вхідних показників (елементів вектора вхідних даних). Центр клітинки – точка у цьому просторі з координатами, що дорівнюють вагам нейрона. Чим менша відстань від вектора вхідних даних до центра клітинки, тим ближче до неї розташований приклад, що описується цим вектором.





*Рис. 3.3. Графічне зображення матриці помилок квантування для кожного нейрону мережі*

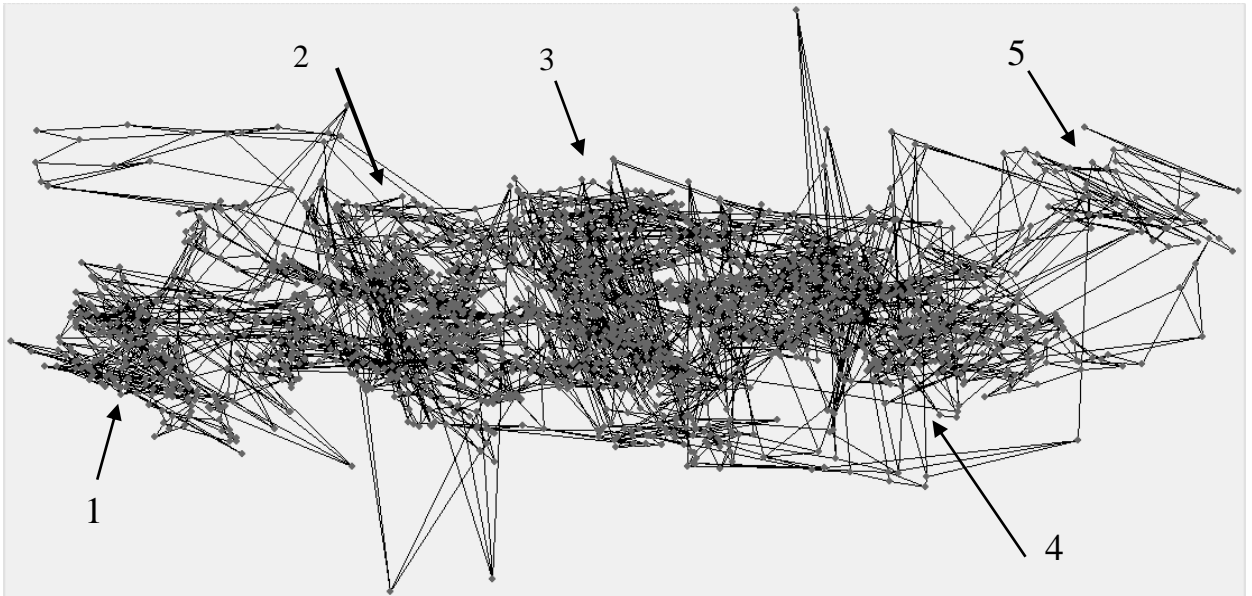
Крім того, розмірність карти самоорганізації ґрунтувався на аналізі проєкції Саммона (рис. 3.4). Карта Саммона дає грубе візуальне уявлення про відстані між векторами вхідних даних. Проєкція Саммона має за мету відобразити геометричне відношення даних в межах вибірки у вигляді двовимірної діаграми. Проєкція Саммона особливо корисна для попереднього аналізу, так як дає можливість отримати приблизне візуальне представлення розподілу класів.

Таким чином прослідковується класифікація векторів вхідних показників на 5 класів (рис. 3.4).

В результаті проведених численних експериментів було визначено найоптимальнішу структуру карти самоорганізації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу, що являє собою решітку розмірністю 70 на 35 нейронів, а загальна кількість нейронів сягає 2450. Як бачимо, максимальне значення помилки квантування дорівнює 0,23485, в той час як для більшості нейронів даний показник наближається до нуля.

Процедура ініціалізації синаптичних ваг нейронної мережі, з метою надання всім вагам мережі початкових значень, відбувалася за допомогою

призначення синаптичним вагам випадкових малих значень, сформованих генератором випадкових чисел.



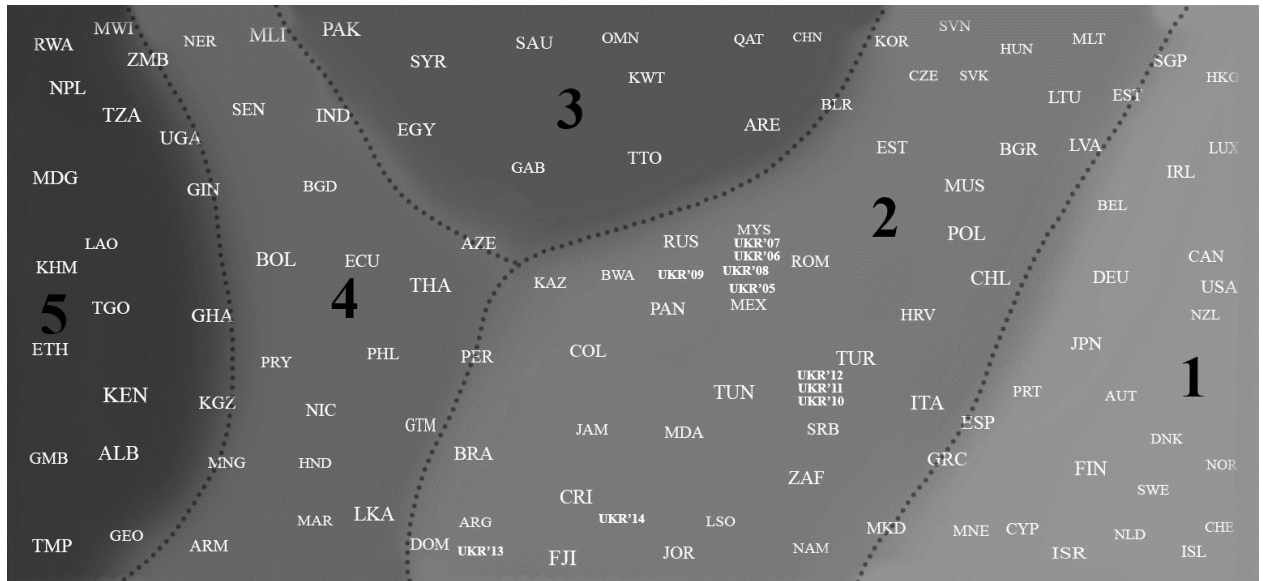
*Рис. 3.4. Проекція Саммона для 123 країн світу за показниками інвестиційного потенціалу*

З метою визначення, які нейрони та в якій мірі будуть вважатися сусідніми по відношенню до нейрона-переможця обрано Гаусову функцію сусідства (підрозділ 2.2). У випадку Гаусової функції сусідами нейрона-переможця вважаються всі нейрони мережі, але у різній мірі повноти. Ще однією з переваг даної функції сусідства є те, що навчання мережі проходить більш плавно та рівномірно, оскільки одночасно змінюються всі ваги нейронів, що в решті може дати дещо кращий результат, у порівнянні з іншими функціями сусідства. Проте проміжок часу, що необхідний для навчання мережі також дещо збільшується. Це пояснюється тим, що на кожній ітерації навчання мережі корегуються всі нейрони.

З огляду на значну кількість вхідних векторів, кількість ітерацій навчання сягала 5000. За такої структури та параметрів налаштування, побудова та навчання нейронної мережі зайняло приблизно 3,5 години.

Сформована структура карти самоорганізації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу забезпечила відображення

географічної організації країн, хоча жодної географічної інформації для моделі не було надано (рис. 3.5).



*Рис. 3.5. Кластеризація країн світу за показниками інвестиційного потенціалу*

Так, наприклад, в правій частині карти самоорганізації здебільшого згруповані країни-учасники ОЕСР – організації економічного співробітництва та розвитку (кластер 1 на рис. 3.5).

*Таблиця 3.1*

**Перелік країн що належать до першого кластеру карти самоорганізації  
Кохонена**

<b>№</b>	<b>Код</b>	<b>Назва країни англійською мовою</b>	<b>Назва країни українською</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	AUS	Australia	Австралія
2	AUT	Austria	Австрія
3	BEL	Belgium	Бельгія
4	CAN	Canada	Канада
5	CHN	China	Китай
6	CYP	Cyprus	Кіпр
7	DEU	Germany	Німеччина
8	DNK	Denmark	Данія
9	ESP	Spain	Іспанія

## Продовження Таблиці 3.1

1	2	3	4
10	EST	Estonia	Естонія
11	FIN	Finland	Фінляндія
12	FRA	France	Франція
13	GBR	United Kingdom	Об'єднане Королівство
14	HKG	Hong Kong, China	Гонконг, Китай
15	IRL	Ireland	Ірландія
16	ISL	Iceland	Ісландія
17	ISR	Israel	Ізраїль
18	JPN	Japan	Японія
19	KOR	Korea, Rep.	Корея, республіка
20	LUX	Luxembourg	Люксембург
21	MLT	Malta	Мальта
22	NLD	Netherlands	Нідерланди
23	NOR	Norway	Норвегія
24	NZL	New Zealand	Нова Зеландія
25	PRT	Portugal	Португалія
26	SGP	Singapore	Сінгапур
27	SVN	Slovenia	Словенія
28	SWE	Sweden	Швеція
29	USA	United States	Сполучені Штати

Значна кількість країн згрупована у другому кластері – країни Центральної та Південної Америки, Східної Європи (кластер 2 на рис. 3.5).

Таблиця 3.2

## Перелік країн що належать до другого кластеру карти самоорганізації

## Кохонена

№	Код	Назва країни англійською мовою	Назва країни українською
1	2	3	4
1	ARG	Argentina	Аргентина
2	BGR	Bulgaria	Болгарія
3	BLR	Belarus	Білорусь
4	BRA	Brazil	Бразилія

## Продовження Таблиці 3.2

1	2	3	4
5	BWA	Botswana	Ботсвана
6	CHL	Chile	Чилі
7	CRI	Costa Rica	Коста-Ріка
8	CZE	Czech Republic	Чеська Республіка
9	ESP	Spain	Іспанія
10	EST	Estonia	Естонія
11	FJI	Fiji	Фіджі
12	GEO	Georgia	Грузія
13	GRC	Greece	Греція
14	HRV	Croatia	Хорватія
15	HUN	Hungary	Угорщина
16	ISR	Israel	Ізраїль
17	ITA	Italy	Італія
18	JAM	Jamaica	Ямайка
19	JOR	Jordan	Йорданія
20	KOR	Korea, Rep.	Корея, республіка
21	LBN	Lebanon	Ліван
22	LSO	Lesotho	Лесото
23	LTU	Lithuania	Литва
24	LVA	Latvia	Латвія
25	MDA	Moldova	Молдова
26	MEX	Mexico	Мексика
27	MKD	Macedonia, FYR	Македонія
28	MLT	Malta	Мальта
29	MNE	Montenegro	Чорногорія
30	MUS	Mauritius	Маврикій
31	NAM	Namibia	Намібія
32	PAN	Panama	Панама
33	POL	Poland	Польща
34	ROM	Romania	Румунія
35	RUS	Russian Federation	Російська Федерація
36	SRB	Serbia	Сербія
37	SVK	Slovak Republic	Словаччина
38	SVN	Slovenia	Словенія
39	TUN	Tunisia	Туніс

## Продовження Таблиці 3.2

1	2	3	4
40	TUR	Turkey	Туреччина
41	URY	Uruguay	Уругвай
42	ZAF	South Africa	Південна Африка

Переважає більшість арабських країн, які займають центральну верхню частину карти Кохонена (кластер 3 на рис. 3.5).

Таблиця 3.3

## Перелік країн що належать до третього кластеру карти самоорганізації

№	Код	Назва країни англійською мовою	Назва країни українською
1	ARE	United Arab Emirates	Об'єднані Арабські Емірати
2	CHN	China	Китай
3	KWT	Kuwait	Кувейт
4	MYS	Malaysia	Малайзія
5	OMN	Oman	Оман
6	QAT	Qatar	Катар
7	RUS	Russian Federation	Російська Федерація
8	SAU	Saudi Arabia	Саудівська Аравія
9	TTO	Trinidad and Tobago	Тринідад і Тобаго
10	VEN	Venezuela	Венесуела

Країни Азії та Африки – ліву частину карти (4 та 5 кластери на рис. 3.5).

Таблиця 3.4

## Перелік країн що належать до четвертого кластеру карти самоорганізації

№	Код	Назва країни англійською мовою	Назва країни українською
1	2	3	4
1	ALB	Albania	Албанія
2	ARG	Argentina	Аргентина
3	ARM	Armenia	Вірменія

## Продовження Таблиці 3.4

1	2	3	4
4	AZE	Azerbaijan	Азербайджан
5	BOL	Bolivia	Болівія
6	BRA	Brazil	Бразилія
7	BWA	Botswana	Ботсвана
8	COL	Colombia	Колумбія
9	DOM	Dominican Republic	Домініканська республіка
10	DZA	Algeria	Алжир
11	ECU	Ecuador	Еквадор
12	EGY	Egypt, Arab Rep.	Єгипет, Арабська Реп.
13	GAB	Gabon	Габон
14	GEO	Georgia	Грузія
15	GTM	Guatemala	Гватемала
16	HND	Honduras	Гондурас
17	IDN	Indonesia	Індонезія
18	IND	India	Індія
19	KAZ	Kazakhstan	Казахстан
20	KEN	Kenya	Кенія
21	KGZ	Kyrgyz Republic	Киргизька Республіка
22	LKA	Sri Lanka	Шрі Ланка
23	MAR	Morocco	Марокко
24	MNG	Mongolia	Монголія
25	NAM	Namibia	Намібія
26	NIC	Nicaragua	Нікарагуа
27	PAK	Pakistan	Пакистан
28	PER	Peru	Перу
29	PHL	Philippines	Філіппіни
30	PRY	Peru	Перу
31	SYR	Syrian Arab Republic	Сирійська Арабська Республіка
32	THA	Thailand	Таїланд
33	TMP	East Timor	Східний Тимор
34	VEN	Venezuela	Венесуела
35	VNM	Vietnam	В'єтнам

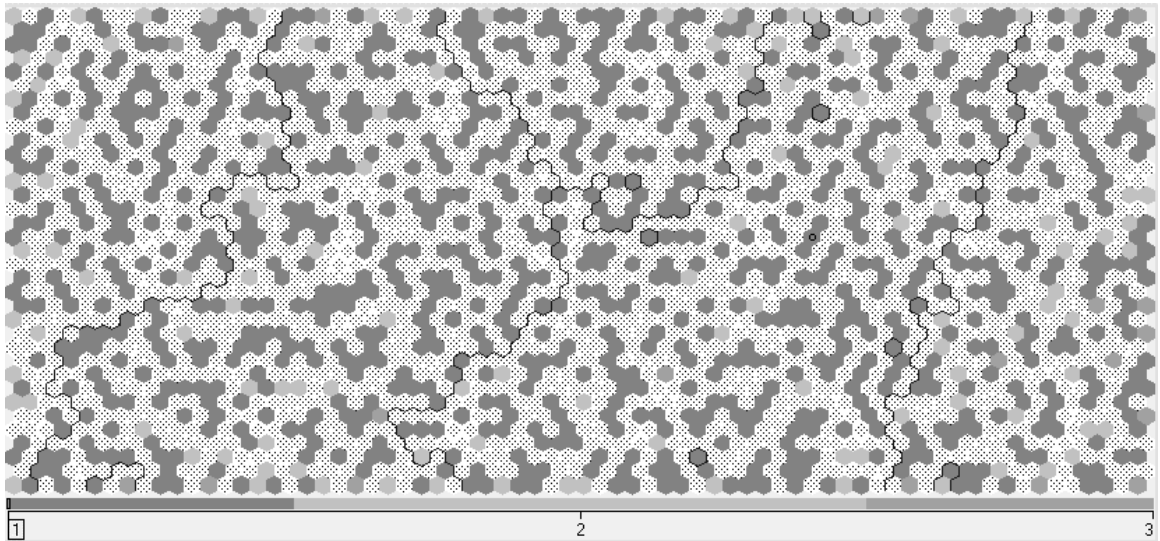
**Перелік країн що належать до п'ятого кластеру карти самоорганізації**

<b>№</b>	<b>Код</b>	<b>Назва країни англійською мовою</b>	<b>Назва країни українською</b>
1	BGD	Bangladesh	Бангладеш
2	ETH	Ethiopia (excludes Eritrea)	Ефіопія (за винятком Еритреї)
3	GHA	Ghana	Гана
4	GIN	Guinea	Гвінея
5	GMB	Gambia, The	Гамбія
6	KHM	Cambodia	Камбоджа
7	LAO	Lao PDR	ЛНДР
8	MDG	Madagascar	Мадагаскар
9	MLI	Mali	Малі
10	MWI	Malawi	Малаві
11	NER	Niger	Нігер
12	NPL	Nepal	Непал
13	RWA	Rwanda	Руанда
14	SEN	Senegal	Сенегал
15	TGO	Togo	Того
16	TMP	East Timor	Східний Тимор
17	TZA	Tanzania	Танзанія
18	UGA	Uganda	Уганда
19	ZMB	Zambia	Замбія

Враховуючи, що данні країн були зібрані за останні десять років, серед досліджуваних країн, були ті, що в певні роки належали до різних кластерів. Так, наприклад, Бразилія у 2010 та 2012-2014 роках була типовим представником другого кластеру, а з 2005 по 2009 та у 2011 роках – четвертого.

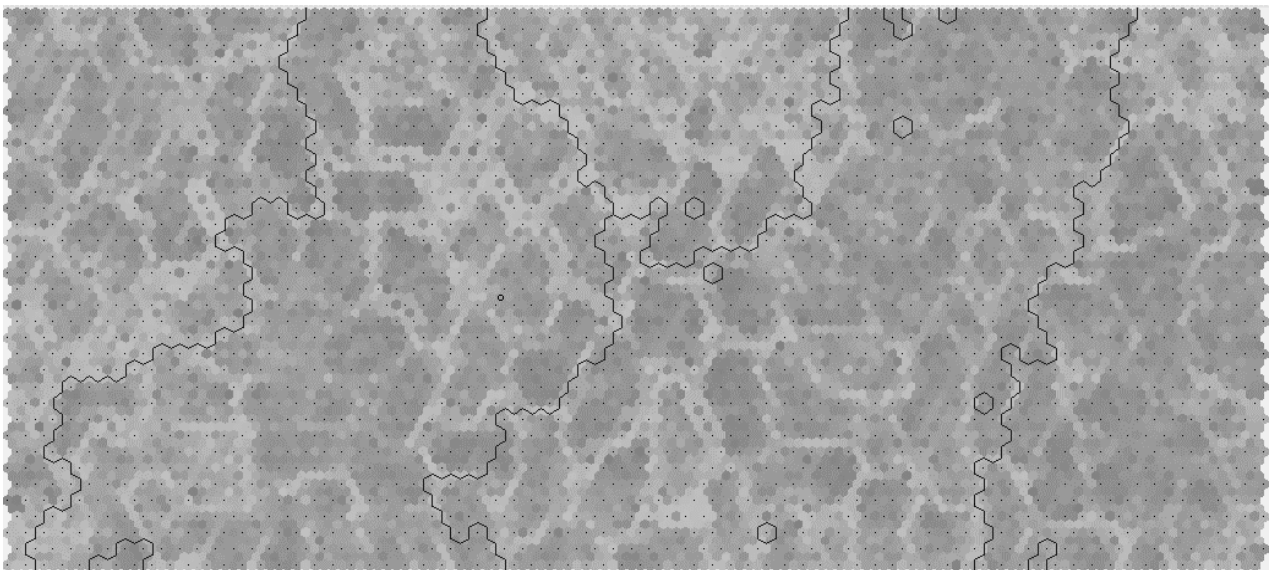
Щільність розподілу країн світу за показниками інвестиційного потенціалу проілюстровано на рис. 3.6.





*Рис. 3.6. Щільність розподілу векторів вхідних даних на гексагональній решітці карти самоорганізації Кохонена*

З метою визначення структури кластерів, що отримані в результаті навчання нейронної мережі використовується уніфікована матриця відстаней (рис. 3.7). Елементи матриці визначають відстань між ваговими коефіцієнтами нейрона та його найближчих сусідів. Велика відстань між нейронами вказує, що дальній нейрон значно відрізняється від оточуючих та відноситься до іншого кластеру.



*Рис. 3.7. Уніфікована матриця відстаней нейронів моделі*

Поглиблений аналізу кожної із вхідних змінних може бути проведений за допомогою представлення у вигляді компонентної площини (*component plane representations*). За допомогою візуального дослідження топологічного розподілу показників по поверхні компонентної площини, можна представити взаємний вплив вхідних показників один на одного. Представлення компонентної площини є свого роду урізаною версією карти самоорганізації. Кожна компонентна площина відображає відносний розподіл одного з компонентів вектора вхідних даних. У цьому представленні більш темні області відповідають відносно малим величинам, а світлі – відповідно більшим. Порівняння компонентних площин дає змогу дослідити взаємну кореляцію всіх компонент. Компонентні площини можуть також використовуватися для дослідження кореляції між вхідними даними, значення котрих відрізняється у різних областях простору вхідних даних. Якщо графічне представлення топології розподілу ознак в одних і тих самих областях декількох карт схожі, це означає що відповідні вхідні показники інвестиційного потенціалу у високій мірі корелюють між собою.

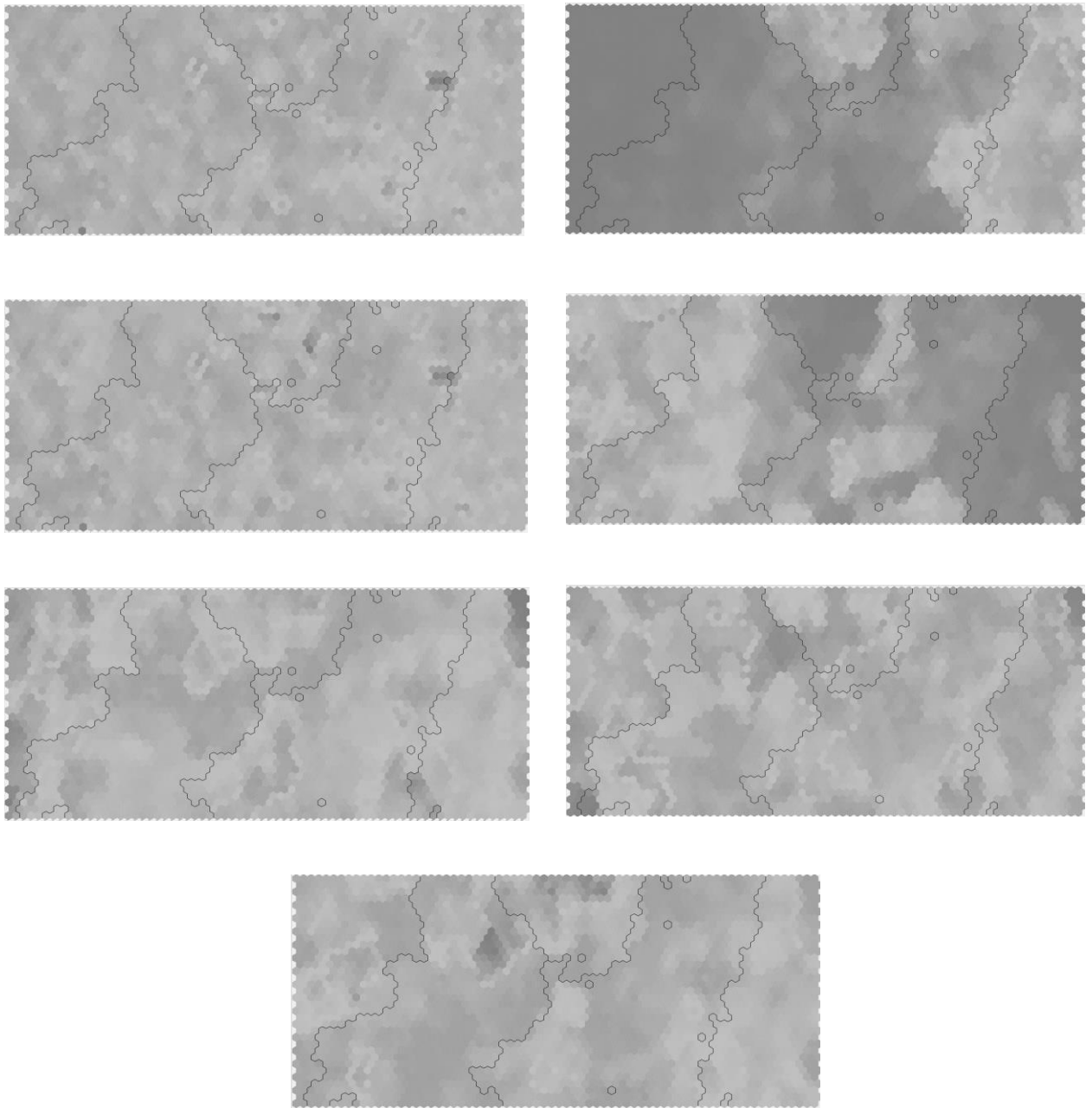
Представлення у вигляді компонентних площин дає чітку візуальну демонстрацію щодо кореляції між компонентами вектора. Вибір одного нейрону мережі у кожній з компонентної площини, надає можливість зібрати відносні значення вектора нейромережі.

Розглянемо представлення компонентних площин показників інвестиційного потенціалу країн світу, що обрані для побудови даної карти самоорганізації. Кожна площина репрезентує одну вхідну змінну.

Так, показники групи валового внутрішнього продукту (рис. 3.8). Для країн першого та третього кластеру характерним є високі значення показника ВВП на душу населення і це зрозуміло, тому що саме в цьому кластері зібрані передові країни світу. В той же час країни четвертого та п'ятого кластеру займають останні позиції за даним показником.

Характерною особливістю можна виділити також й розподіл показників доданої вартості за різними галузями. Країни п'ятого кластеру

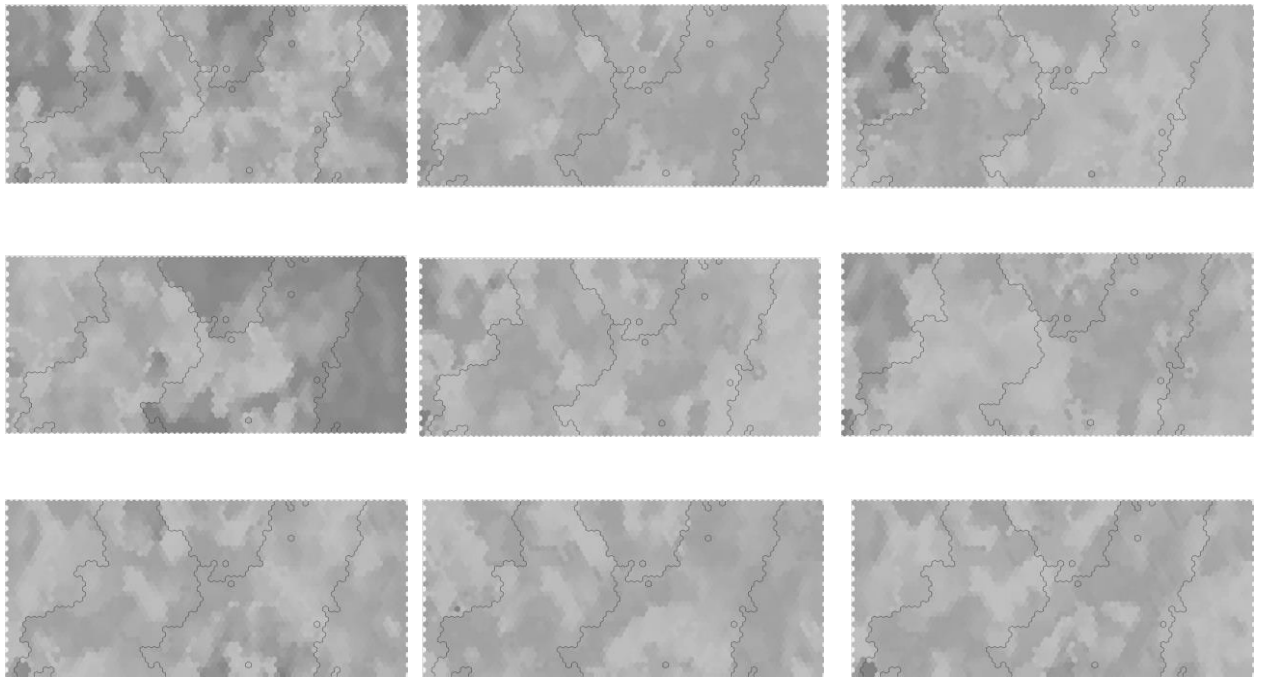
демонструють високі значення показника доданої вартості у сільськогосподарській сфері, країни третього кластеру – значень показника доданої вартості в промисловості, а країни першого кластеру – доданої вартості у сфері послуг.



*Рис. 3.8. Компонентні площини групи показників валового внутрішнього продукту*

Аналіз групи показників ринку трудових ресурсів також надає можливість зробити певні висновки (рис. 3.9). Так, наприклад, характерною рисою країн п'ятого кластеру є відносно низькі значення показника рівня населення у віці від 15 до 64 років, як відсоток від загальної чисельності населення. Здебільшого розподіл даного показника знаходиться в межах від 47-60 %. Даний факт вказує на характерну структуру населення даних країн, що може негативно вплинути на інвестиційну діяльність. Крім того потенційний інвестор може зіштовхнутися з проблемами рекрутенгу.

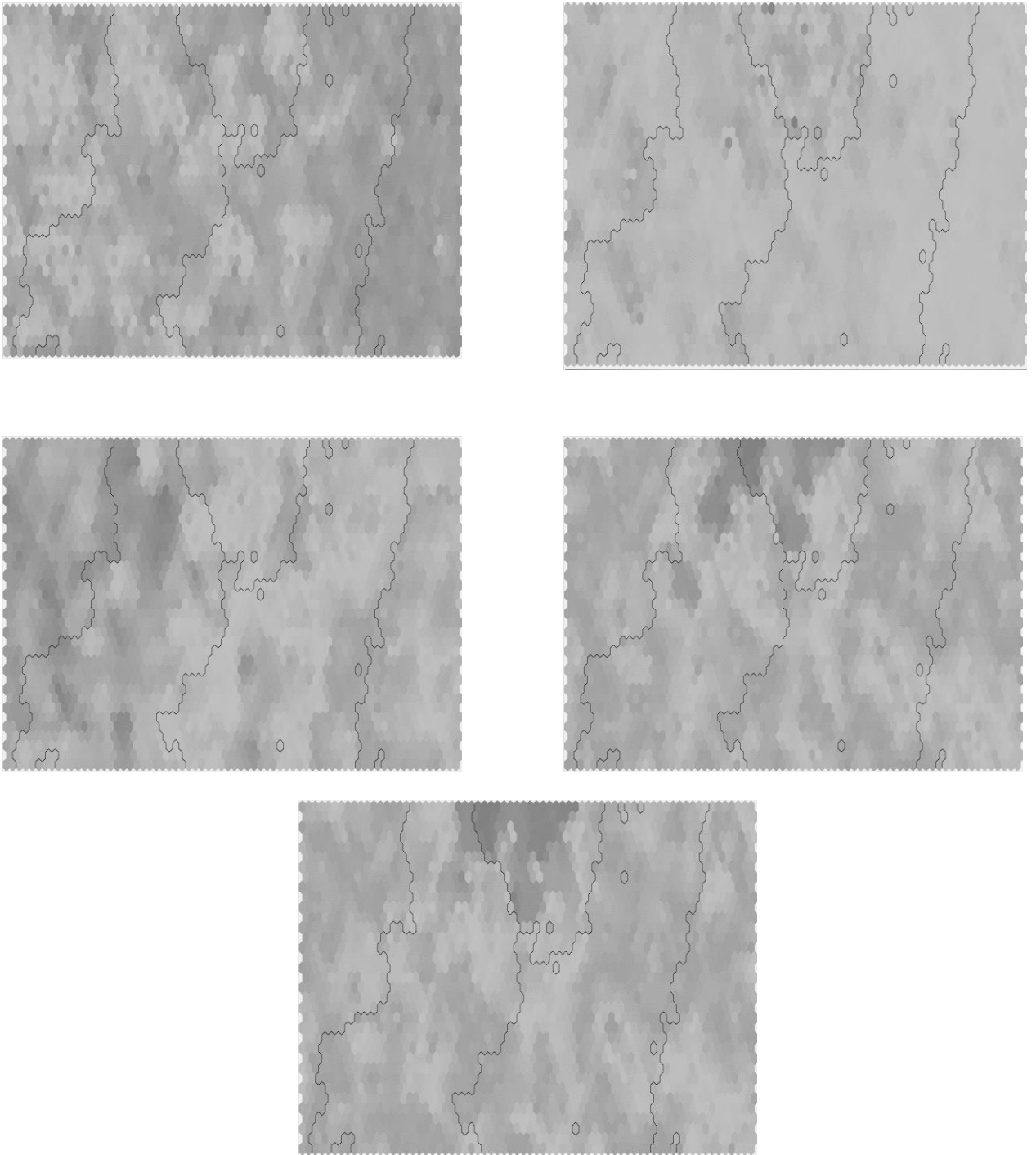
Також можна прослідкувати кореляцію між показниками доданої вартості та рівня зайнятості у різних галузях: для країн з високими значеннями показника доданої вартості характерно й відповідні високі значення показника зайнятості у певній сфері.



*Рис. 3.9. Компонентні площини групи показників ринку трудових ресурсів*

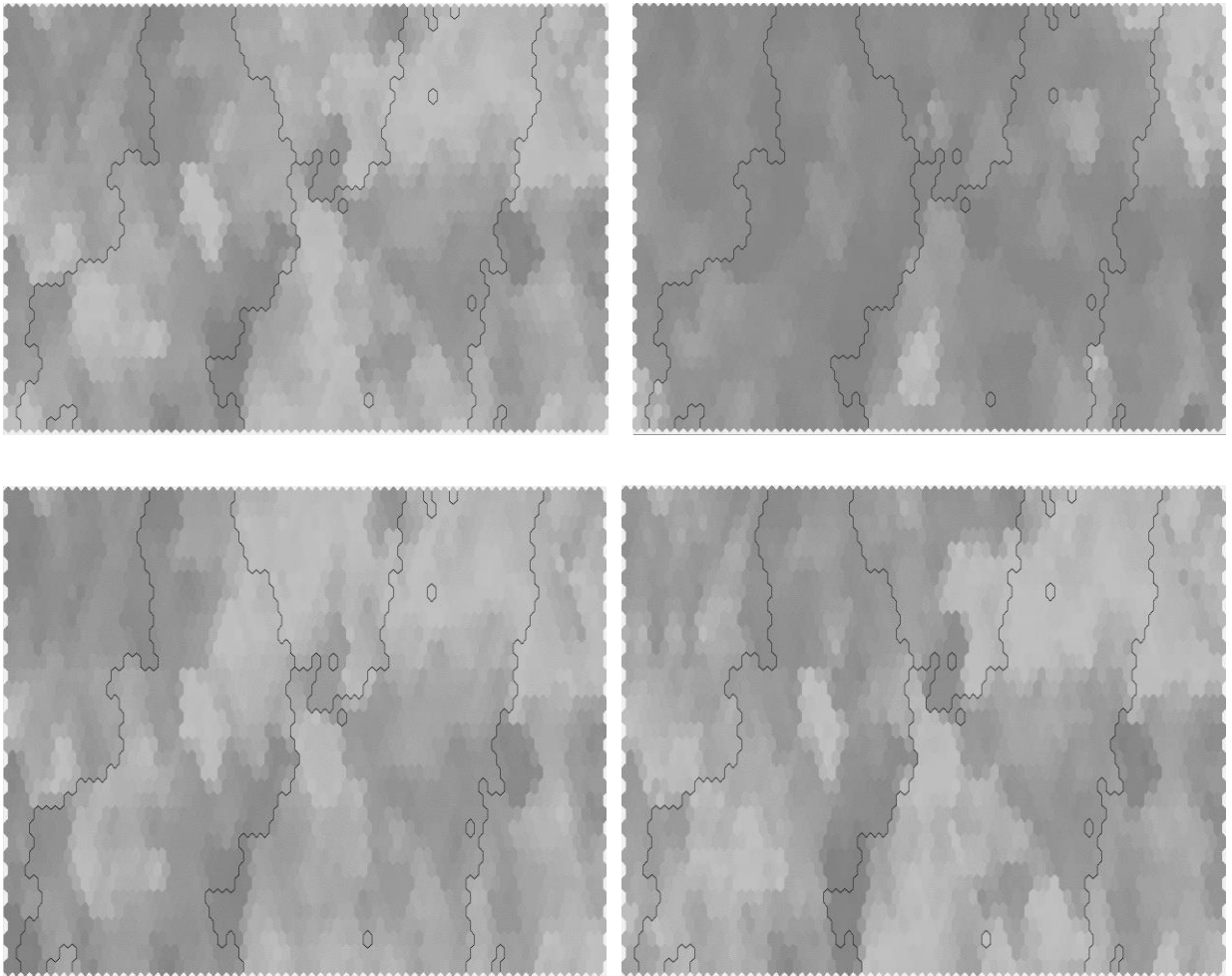
З аналізу показників групи специфіки ціноутворення випливають наступні висновки: так, показник паритету купівельної спроможності відносно рівномірно зростає від лівого до правого краю компонентної

площини. Це свідчить про те, що рівень цін в країнах четвертого та п'ятого кластеру є одними з найнижчих у світі, в той час як країни першого кластеру демонструють найвищі значення даного показника. Одночасно країни третього кластеру демонструють найнижчий рівень цін на бензин та дизельне паливо.



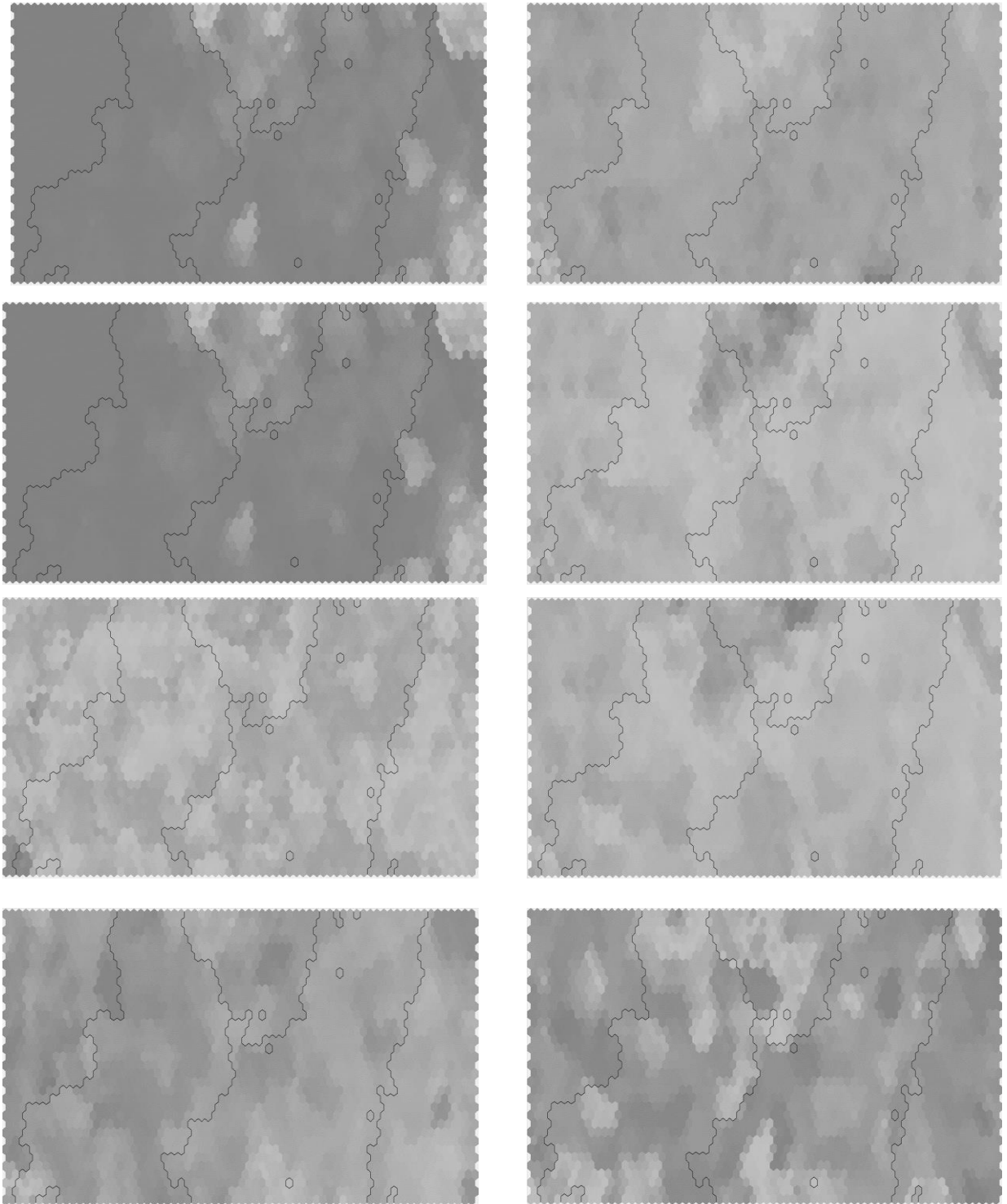
*Рис. 3.10. Компонентні площини групи показників специфіки ціноутворення*

В ході розгляду компонентних площин групи показників торгівлі (рис. 3.11) є сенс відзначити Гонконг та Сінгапур, оскільки за показниками експорту та імпорту товарів та послуг (% від ВВП) вони значно відрізняються від інших країн світу. Дещо нижчі значення даних показників демонструють країни другого кластеру.



*Рис. 3.11. Компонентні площини групи показників торгівлі*

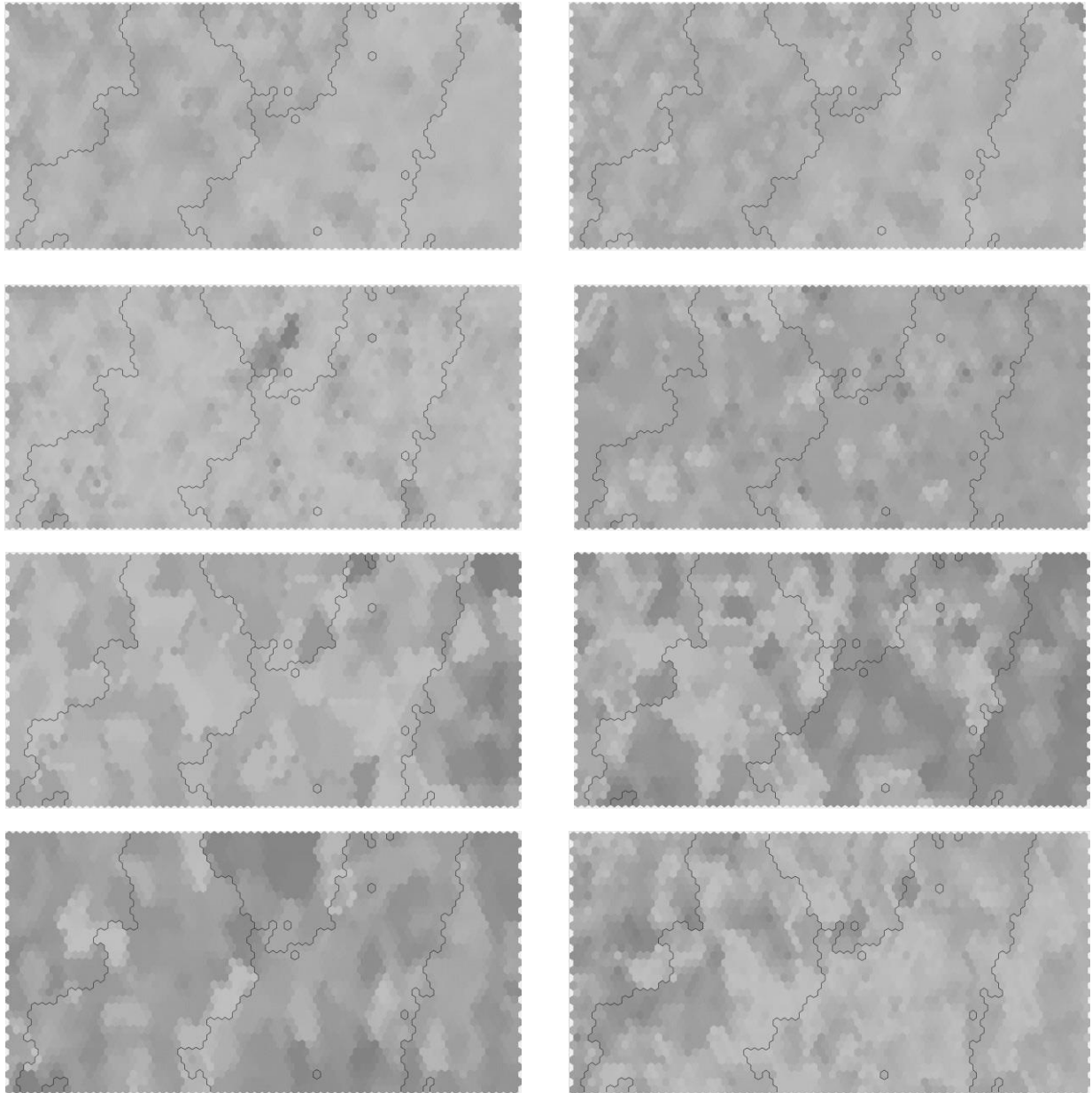
Серед групи уряду (рис. 3.12) виділяється розподіл показників витрат на охорону здоров'я (% від ВВП) та витрат на кінцеве споживання (% від ВВП). Так за першим зазначеним показником вирізняються країни першого кластеру, це свідчить про високу мотивацію та зацікавленість уряду в підтримці охорони здоров'я населення. Дещо з іншої сторони виділяються країни третього кластеру, що демонструють відносно низькі значення показника витрат на кінцеве споживання.



*Рис. 3.12. Компонентні площини групи показників уряду*

Аналізуючи компонентні площини показників групи бізнесу (рис. 3.13) автор відзначає, що показник легкості ведення бізнесу змінюється у горизонтальній площині. Це означає, що в країнах першого кластеру складаються найкращі умови для ведення бізнесу, в той час як в країнах п'ятого кластеру – найгірші.

В той же час, прослідковується певна кореляція між показником легкості ведення бізнесу та індексу сприйняття корупції. Так останній розвивається в протилежному напрямку відносно першого. Таким чином можна зробити висновок, що розвиток підприємницької діяльності значною мірою залежить від ефективних державних антикорупційних дій. Це значною мірою може вплинути на запровадження нових інвестиційних проектів.



*Рис. 3.13. Компонентні площини групи показників бізнесу*

З аналізу низки наведених компонентних площин можна дійти висновку, що зміна значень більшості показників відбувається здебільшого у



горизонтальному напрямку. Відповідно можна зробити припущення, що і інвестиційний потенціал збільшується від країн п'ятого кластеру до країн-представників першого кластеру.

На заключному етапі розрахунків на другому рівні ієрархії визначається розташування основної країни дослідження інвестиційного потенціалу (України) та кластер, до якого вона належить.

На вхід побудованої карти самоорганізації Кохонена вводиться вектор показників цієї країни, на основі яких модель визначає її місце на гексагональній решітці нейромережі і повертає координати нейрону та номер кластеру, до якого віднесено дану країну. Так можна отримати коло країн світу, що схожі/подібні за показниками інвестиційного потенціалу на країну, що оцінюється.

За результатами експериментального дослідження Україна протягом останніх 10 років потрапляла до другого кластеру (рис. 3.5), дещо змінюючи своє розташування із року в рік. Так, наприклад з 2005 по 2009 роки країни-сусіди на гексагональній решітці нейронів – це Росія, Мексика, Румунія тощо. У 2010-2012 рр. відповідно Турція, Туніс, Сербія тощо. З 2013 по 2014 роки згідно побудованої карти самоорганізації, найбільш схожими країнами за показниками інвестиційного потенціалу виявилися здебільшого країни південної Америки.

Загалом, можна зробити висновок, що Україна найбільш подібна до країн другого кластеру за показниками інвестиційного потенціалу та зважаючи на те, що економіка та умови ведення інвестиційної діяльності країн з інших кластерів суттєво відрізняються від України, доречно здійснювати побудову моделі виявлення залежності впливу різноманітних факторів на інвестиційний потенціал без урахування невласливих Україні характеристик. Тобто, є сенс проводити оцінювання інвестиційного потенціалу України у порівнянні з країнами другого кластеру.

### 3.3. Визначення інвестиційного потенціалу України з використанням теорії нечіткої логіки

Для вирішення питання з оцінювання інвестиційного потенціалу України використано підхід, згідно якого фіксованому вектору вхідних даних ( $X$ ) ставиться у відповідність рівень показника прямих іноземних інвестицій ( $y$ ). Для вирішення такої задачі необхідною умовою є наявність залежності:

$$y = f(x_i), \quad (3.1)$$

де  $X = \{x_i\}$ ,  $i = \overline{1, I}$  – вектор значень вхідних змінних;

$y$  – значення вихідної змінної.

Таким чином, оцінювання інвестиційного потенціалу України за вектором значень вхідних змінних здійснюється у відповідності до алгоритму Мамдані [141]:

1. Визначається можливий діапазон зміни вхідних показників інвестиційного потенціалу  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ .

2. Формується нечітка база знань із застосуванням експертних даних у вигляді сукупності нечітких правил типу «ЯКЩО – ТОДІ», що визначають взаємозв'язок між входами  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ , та виходом у моделі та виводиться система нечітких логічних рівнянь для всіх існуючих варіантів вихідної змінної  $\{H, C, B\}$ .

3. Задається вигляд функцій належності нечітких термів всіх вхідних показників інвестиційного потенціалу  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ . Функція належності відображає елементи з множини  $X$  на множину чисел в інтервалі  $[0; 1]$ , які вказують ступінь належності кожного елемента  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ , до різних якісних термів з відповідної множини  $\{H, C, B\}$ .

4. Визначається вектор показників інвестиційного потенціалу України  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_l^* \rangle$ .

5. Обчислюються значення функцій належності  $\mu^{a_j p}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_l^*)$  вектора  $X^*$  для всіх значень  $d_j, j = \overline{1, m}$ , вихідної змінної  $y$ . При цьому логічні операції  $\vee$  (АБО) й  $\wedge$  (ТА) над функціями належності обчислюються шляхом реалізації операцій максимізації та добутку:

$$\mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)], \quad (3.2)$$

$$\mu(a) \wedge \mu(b) = \mu(a) \times \mu(b). \quad (3.3)$$

На початку розраховуються добутки функцій належності в кожному правилі, а потім поміж них обирається найбільше серед усіх правил для кожного значення  $d_j, j = \overline{1, m}$ , яке і ставиться у відповідність вихідній змінній  $y$ .

6. Вихідна змінна оцінювання інвестиційного потенціалу України ( $y^*$ ) приймає значення того терму  $d_j^*$ , функція належності якого максимальна:

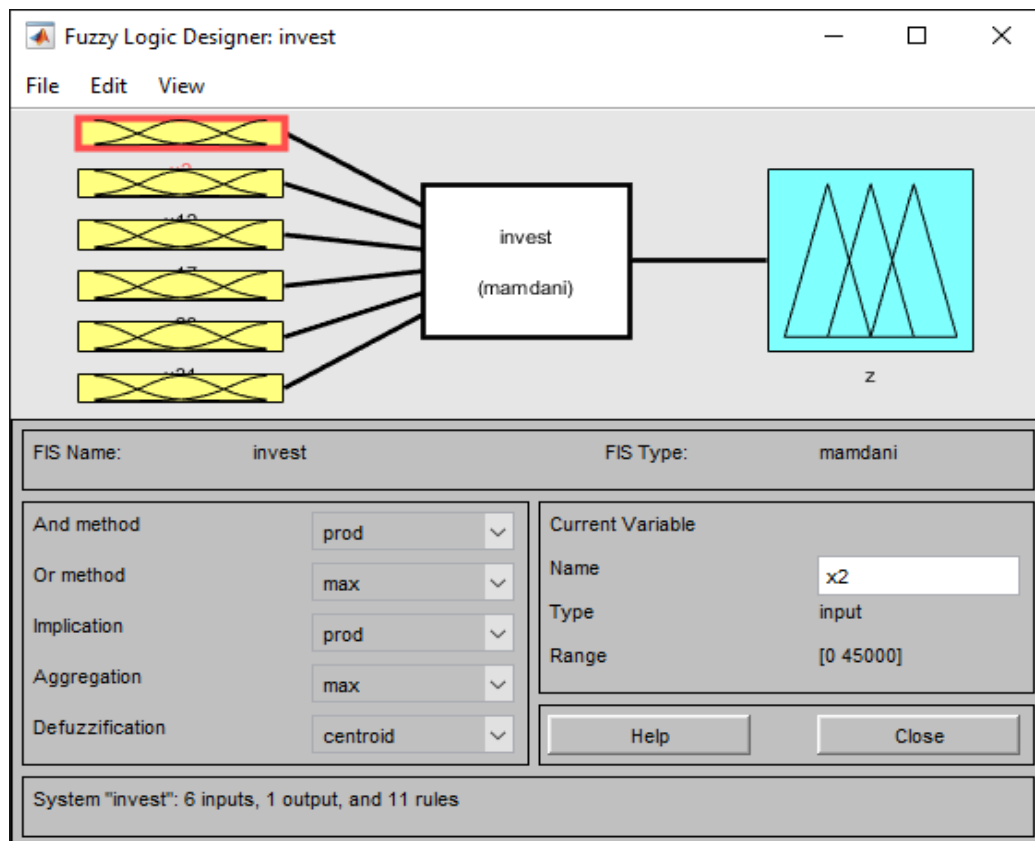
$$y^* = \arg \max_{\{d_1, \dots, d_m\}} \left[ \mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_l^*) \right], \quad (3.4)$$

де  $d_j = \{H, C, B\}$ .

Даний алгоритм нечіткого логічного висновку, дозволяє сформулювати математично обґрунтовані судження про рівень інвестиційного потенціалу країни на підставі значень всієї необхідної вхідної інформації та використовує ідею ідентифікації лінгвістичного терму за максимумом функції належності.

Як вже згадувалося вище, в результаті проведення дослідження пояснюючих змінних (додаток А) до моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни на нечіткій логіці було відібрано показники  $x_2$  «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)»,  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості»,  $x_{17}$  «Інфляція споживчих цін (% на рік)»,  $x_{23}$  «Торгівля послугами (% від ВВП)»,  $x_{31}$  «Витрати на кінцеве споживання (% від ВВП)» та  $x_{38}$  «Індекс легкості ведення бізнесу».

Процедура побудови нечіткої моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни відбувається за допомогою програмного продукту Matlab R2016a (9.0.0.341360), а саме з використанням системи нечіткого виводу (Fuzzy Inference System). Інтерфейс модулю зображено на рис. 3.14.



*Рис. 3.14. Структура системи нечіткого логічного висновку щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни*

Тож перш за все визначається можливий діапазон зміни вхідних факторів  $x_i$ ,  $i=\overline{1, I}$ , ( $I=5$ ) і результуючого показника  $u$  та задається вигляд функцій належності нечітких термів всіх змінних. На рис. 3.15 подано

схематично квазідзвоноподібні функції належності трьох нечітких термів  $\{H, C, B\}$  вхідної змінної  $x_i, i=\overline{1, I}$ , на множині  $X$ .

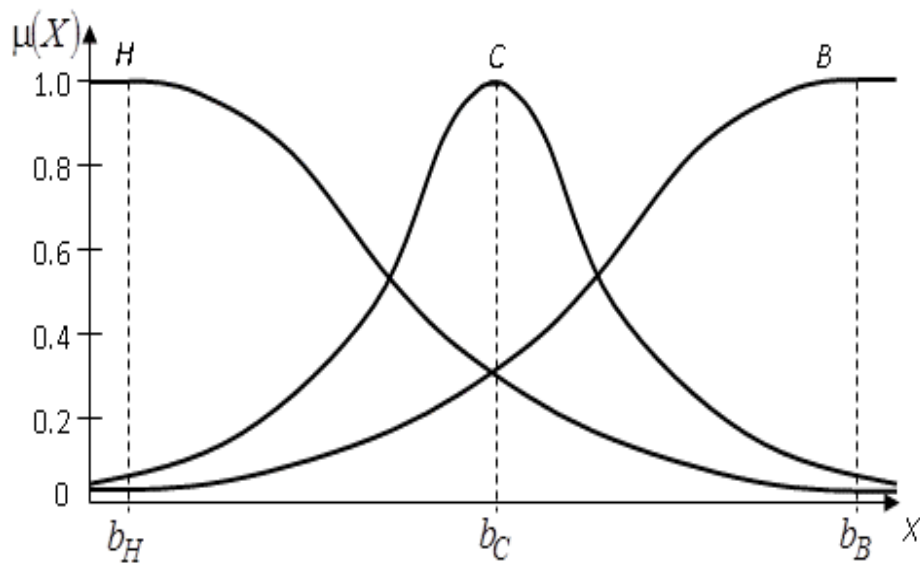


Рис. 3.15. Квазідзвоноподібні функції належності

Вибір даного типу функції належності ґрунтується на дослідженні [142] згідно якого трапецієвидні та трикутні функції належності несуть низку загроз адекватній роботі нечіткої моделі, оскільки не мають неперервних похідних і мають нуль в області значень, а тому існують певні обмеження при налаштуванні параметрів моделей на нечіткій логіці. Саме тому пропонується використання неперервно диференційованих функції, що асимптотично наближаються до нуля, серед яких виділяють гаусові та квазідзвоноподібні.

Усі квазідзвоноподібні функції належності нечітких термів як вхідних  $x_i, i=\overline{1, I}$ , так і вихідної змінної  $y$  (рис. 3.8), можна аналітично представити функцією:

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left( \frac{x - b_T}{c_T} \right)^2}, \quad (3.5)$$

де  $c_T$  – коефіцієнт концентрації-розтягування функції;

$b_T$  – координата максимуму функції ( $\mu(b_T)=1$ );

$T$  – лінгвістичний терм із множини  $\{H, C, B\}$ . Значення функцій належності бічних термів  $H$  та  $B$  усіх змінних за межами своїх максимумів  $b_T$  прирівнюються, як і в точках максимуму, до одиниці.

На даному етапі необхідно задати орієнтовні межі змін всіх термів кожного з показників  $x_i$ ,  $i = \overline{1, I}$ , шляхом порівняння даних показників різних країн у різні періоди часу. Таким чином можна встановити рівні показників, які будуть відповідати своїм лінгвістичним термам, щоб вони досить точно узгоджувались із заданими правилами оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Продемонструємо принцип встановлення параметрів функцій належності для змінної  $x_2$  «ВВП на душу населення (в поточних дол. США)». Так, на рис. 3.16 відображені значення цього показника для всіх країн з кластера 2, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. По осі абсцис відкладено номер спостереження з навчальної вибірки (що являє собою позначку країни та року спостереження), а за віссю ординат – відповідне йому значення ВВП на душу населення в доларах.

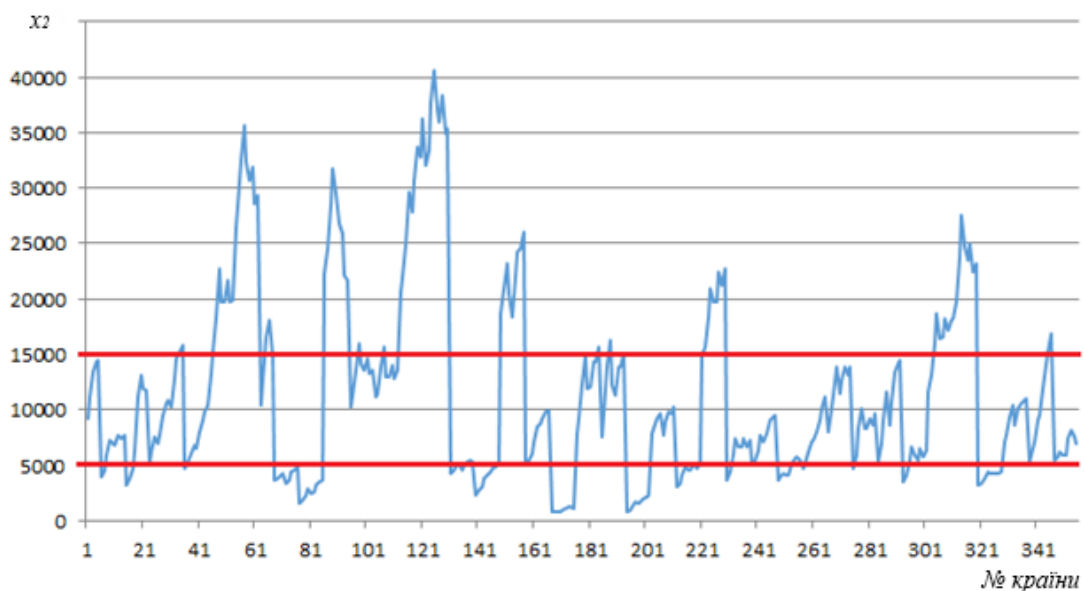


Рис. 3.16. Аналіз рівнів показника  $x_2$  «ВВП на душу населення (в поточних доларах \$)» для встановлення параметрів функцій належності

Як видно з рис. 3.9, значення ВВП на душу населення коливається для різних країн із другого кластеру в межах від кількох сотень до 40 тис. доларів на рік. Оскільки для побудови моделі на нечіткій логіці необхідно задати функції належності до лінгвістичних термів (що відповідають своїм нечітким множинам) кожної зі змінних, то важливо встановити орієнтовні розмежування між цими термами. Так, на основі графічного аналізу рис. 3.9 можна задати межу між низьким та середнім значенням показника  $x_2$  «ВВП на душу населення (в поточних дол. США)» (між термами  $H$  та  $C$ ) на рівні близько 5 тис. дол., а між середнім та високим значеннями показника  $x_2$  (між термами  $C$  та  $B$ ) – на рівні 5 тис. дол. Ці розмежування на рис. 3.9 позначені потовщеними горизонтальними лініями. Ці ж лінії відображені на рис. 3.17 вже вертикально при ілюстрації розмежування між різними функціями належності показника  $x_2$ .

Децю подібним чином формуються параметри функції належності для змінної  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості». На рис. 3.18 відображено коливання значень даного показника для країн другого кластеру.

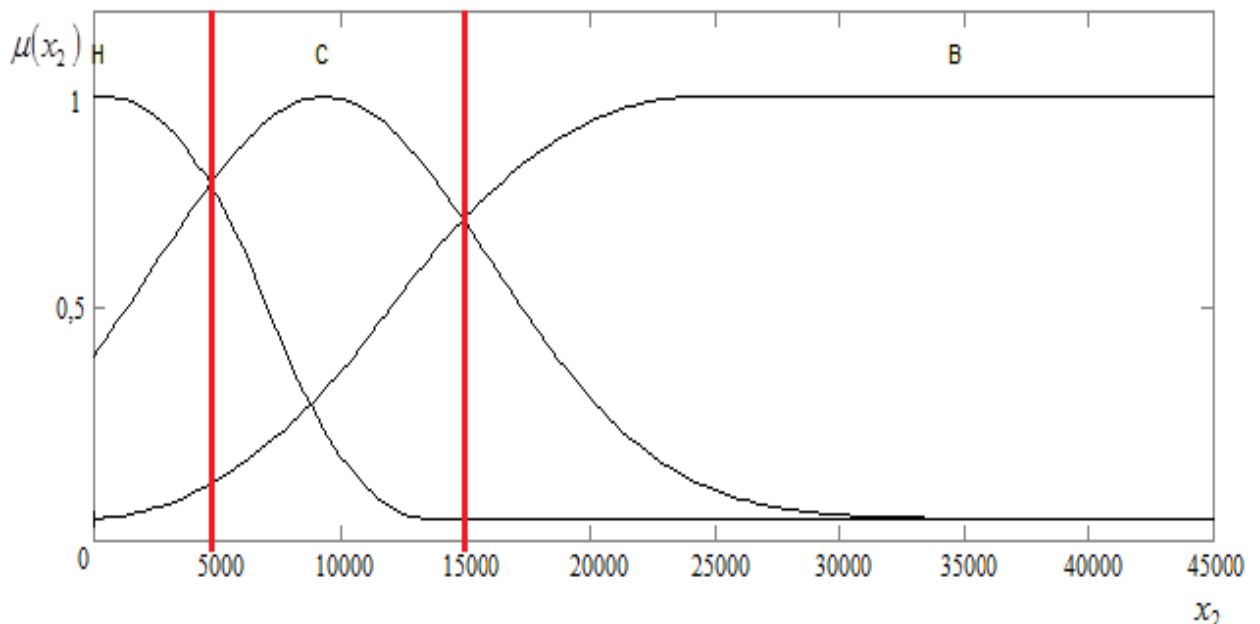
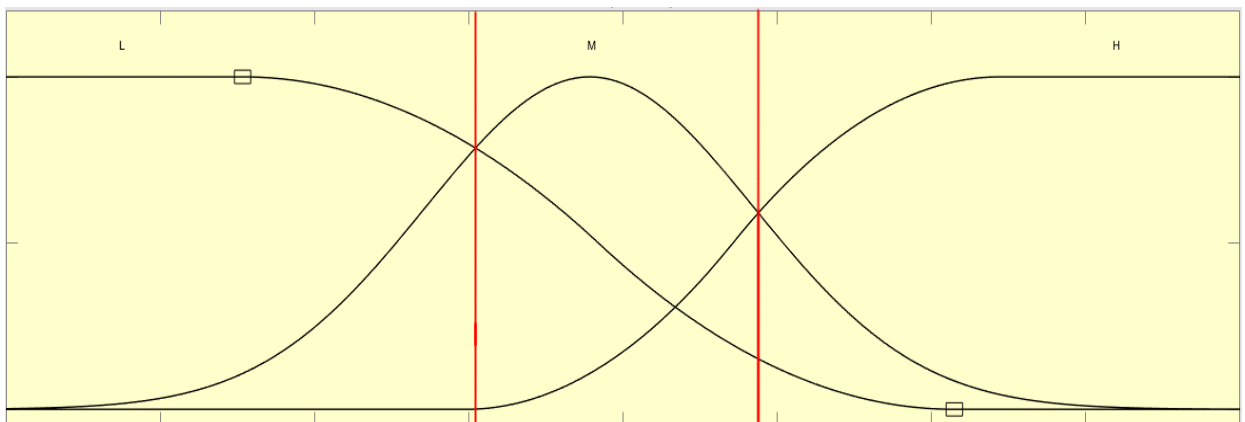


Рис. 3.17. Функції належності показника  $x_2$   
«ВВП на душу населення (в поточних дол. США)»

Значення показника «Зайнятості у промисловості» коливається від приблизно 10-15% до більш ніж 40% для країн другого кластеру. З огляду на графічний аналіз даного показника задається межа між низьким та середнім значенням показника  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості» (терми Н та С, відповідно) на рівні 20%. Аналогічним чином здійснюється розмежування середнього та високого рівня показника  $x_{12}$  (терми С та В) – на рівні 30%. Функції належності даного показника зображені на рис. 3.19.



*Рис. 3.18. Аналіз рівнів показника  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості» для встановлення параметрів функцій належності*



*Рис. 3.19 Функції належності показника  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)»*



Нижня межа показника  $x_{17}$  «Інфляція споживчих цін (% на рік)» для країн другого кластеру наближається до нуля, в той час як максимальні значення сягають 15-20% (рис. 3.20).

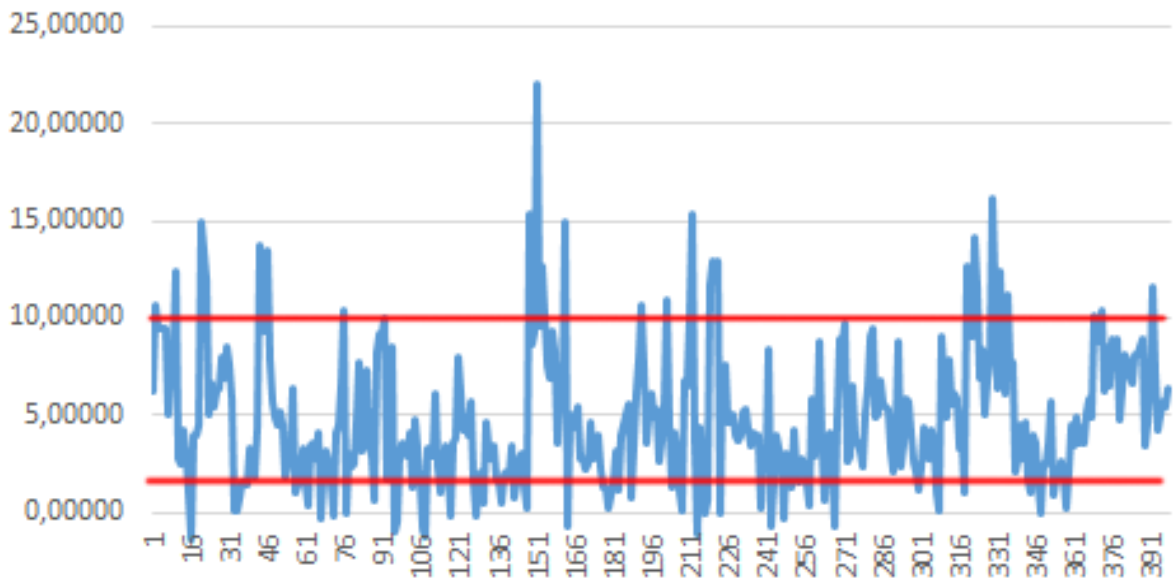


Рис. 3.20. Аналіз рівнів показника  $x_{12}$  «Зайнятість у промисловості» для встановлення параметрів функцій належності

З цих позицій, для показника  $x_{17}$  «Інфляція споживчих цін (% на рік)» межа між термами  $H$  та  $C$  була встановлена на рівні 2, а між термами  $C$  та  $B$  – на рівні 10 (рис. 3.21).

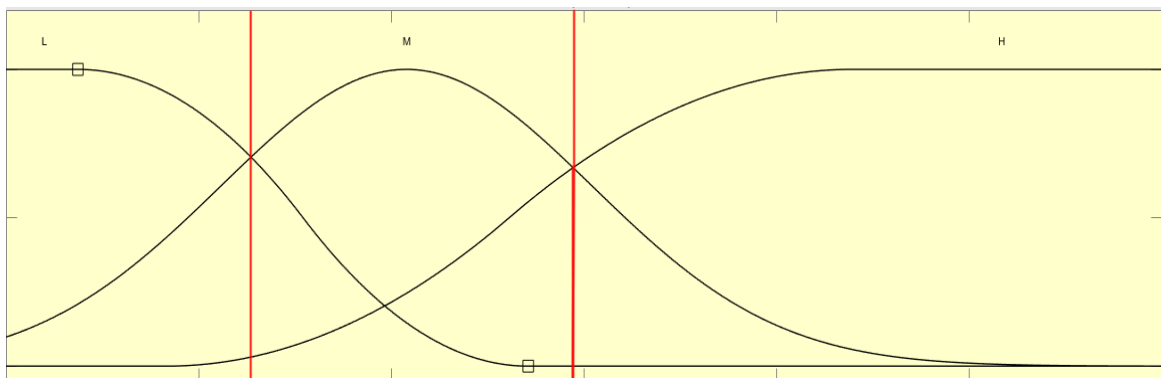


Рис. 3.21 Функції належності показника  $x_{17}$  «Інфляція споживчих цін (% на рік)»

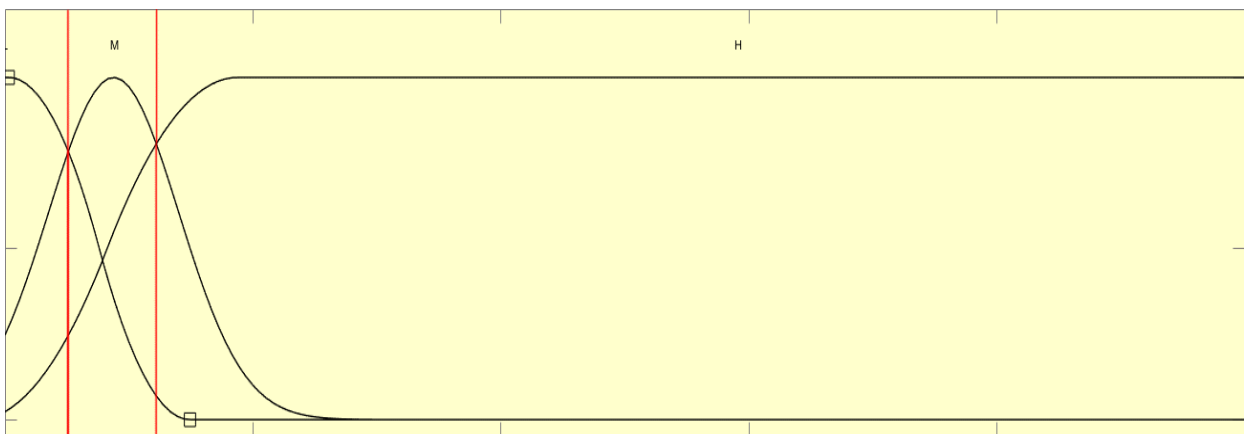
Значення показника  $x_{23}$  «Торговля послугами (% від ВВП)» коливаються від п'яти до ста відсотків (рис. 3.22). Тож для даного показника межі термів  $H$ - $C$  та  $C$ - $B$  визначені на рівні 12 та 30, відповідно (рис. 3.23).



*Рис. 3.22. Аналіз рівнів показника  $x_{23}$  «Торговля услугами (% від ВВП)» для встановлення параметрів функцій належності*

Нижня межа показника  $x_{31}$  «Витрат на кінцеве споживання (% від ВВП)» сягає 65%, верхня – 100-140% (рис. 3.24). Відповідно для даного показника розмежування термів  $H$  та  $C$  встановлено на рівні 75%, а між  $C$  та  $B$  – на рівні 90% (рис. 3.25).

Враховуючи той факт, що показник «Індекс легкості ведення бізнесу» ( $x_{38}$ ) – це рейтингова оцінка и його градація залежить від кількості країн що приймає участь у дослідженні, межі термів  $H$  та  $C$  встановлено на рівні 45, а для межі термів  $C$  та  $B$  – на рівні 70 (рис. 3.26).



*Рис. 3.23. Функції належності показника  $x_{23}$  «Торговля услугами (% від ВВП)»*

Зазначимо, що ці розмежування між різними нечіткими множинами є досить умовними, адже функція належності відповідної нечіткої множини залишається ще на досить високому рівні за цими межами, але вже трохи нижче за сусідні функції належності. Крім того, в процесі оптимізації параметрів моделі на реальних даних всі параметри функцій належності можуть бути суттєво скорегованими, щоб мінімізувати розходження розрахунків моделі із реальними показниками результуючої змінної.

Власне, для кожного терму  $T \in \{H, C, B\}$  всіх вхідних змінних було встановлено свої параметри функції належності, які дозволяють на перетині функцій належності отримувати встановлені вище розмежування між термами. Так само встановлюються межа перетину лінгвістичних термів вихідної змінної. Для показника у «Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% від ВВП)» розмежування між термами  $H$  та  $C$  було встановлено на рівні 2, а між термами  $C$  та  $B$  – на рівні 10.

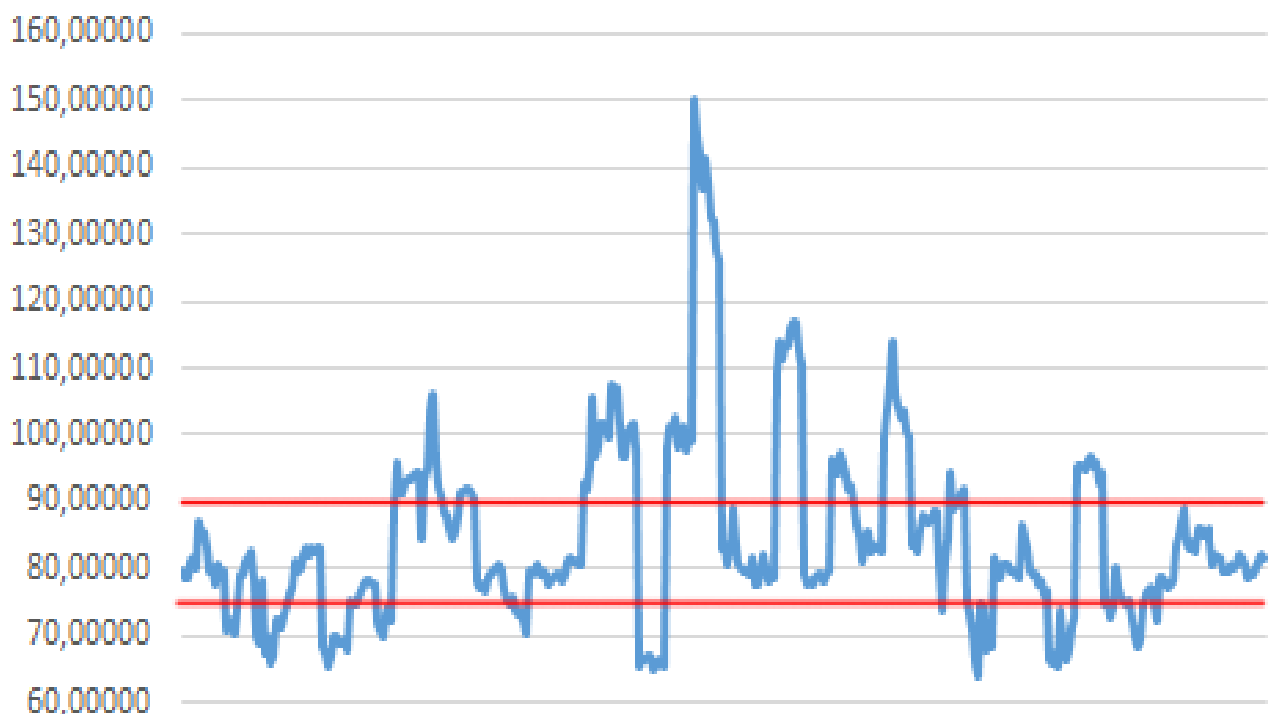
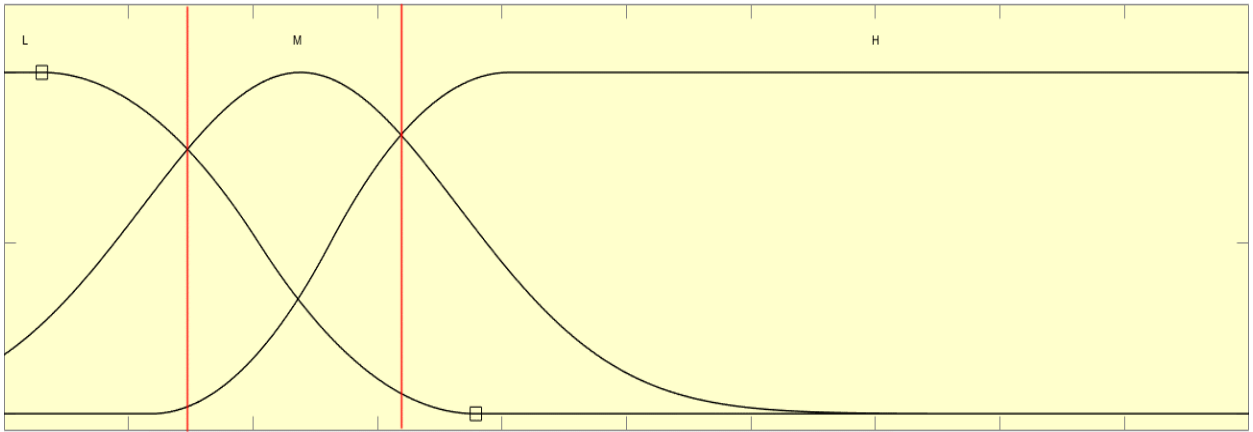
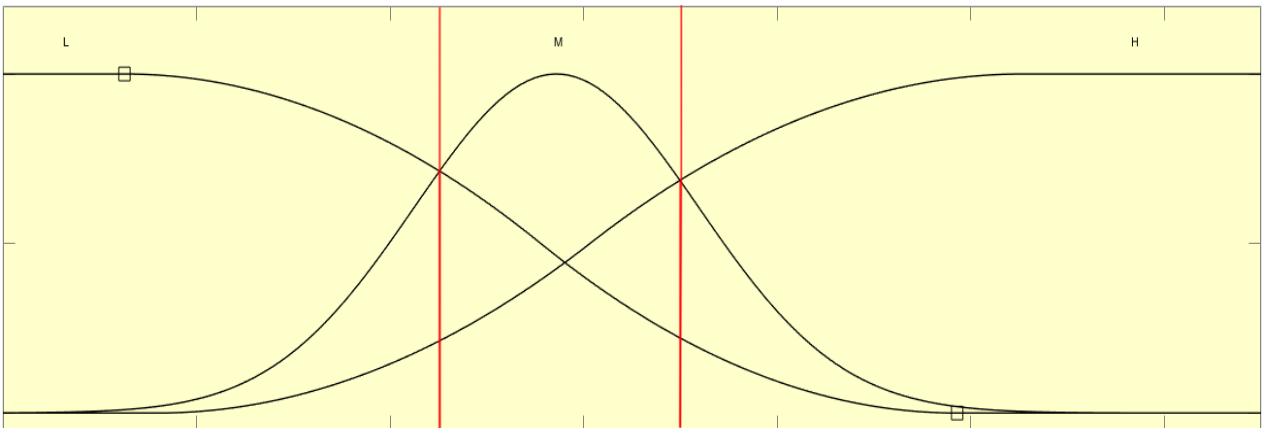


Рис. 3.24. Аналіз рівнів показника  $x_{31}$  «Витрат на кінцеве споживання (% від ВВП)» для встановлення параметрів функцій належності



*Рис. 3.25. Функції належності показника  $x_{31}$   
«Витрат на кінцеве споживання (% від ВВП)»*



*Рис. 3.26. Функції належності показника  $x_{38}$   
«Індекс легкості ведення бізнесу»*

Слід розуміти, що результат нечіткої моделі оцінювання інвестиційного потенціалу залежить від правил бази знань (табл. 2.9), вагових коефіцієнтів цих правил, параметрів функцій належності та методу дефазифікації.

Тож для формування та зміни бази правил нечіткої моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни використовується редактор Rule Editor (рис. 3.27).

Дана база правил зберігається у файлі invest.fis (див. додаток Д).

Етап налаштування параметрів моделі полягає у оптимізації всіх ваг правил та параметрів функцій належності всіх змінних за допомогою

мінімізації функції похибки між модельним ( $\hat{y}$ ) та реальним ( $y$ ) значенням показника прямих іноземних інвестицій:

$$u_t = \frac{(y_t - \hat{y}_t)^2}{2} \quad (3.6)$$

де  $y$  – реальні значення показника прямих іноземних інвестицій;

$\hat{y}$  – значення показника прямих іноземних інвестицій, що отримано за допомогою нечіткої моделі;

$n$  – обсяг вибірки показника прямих іноземних інвестицій.

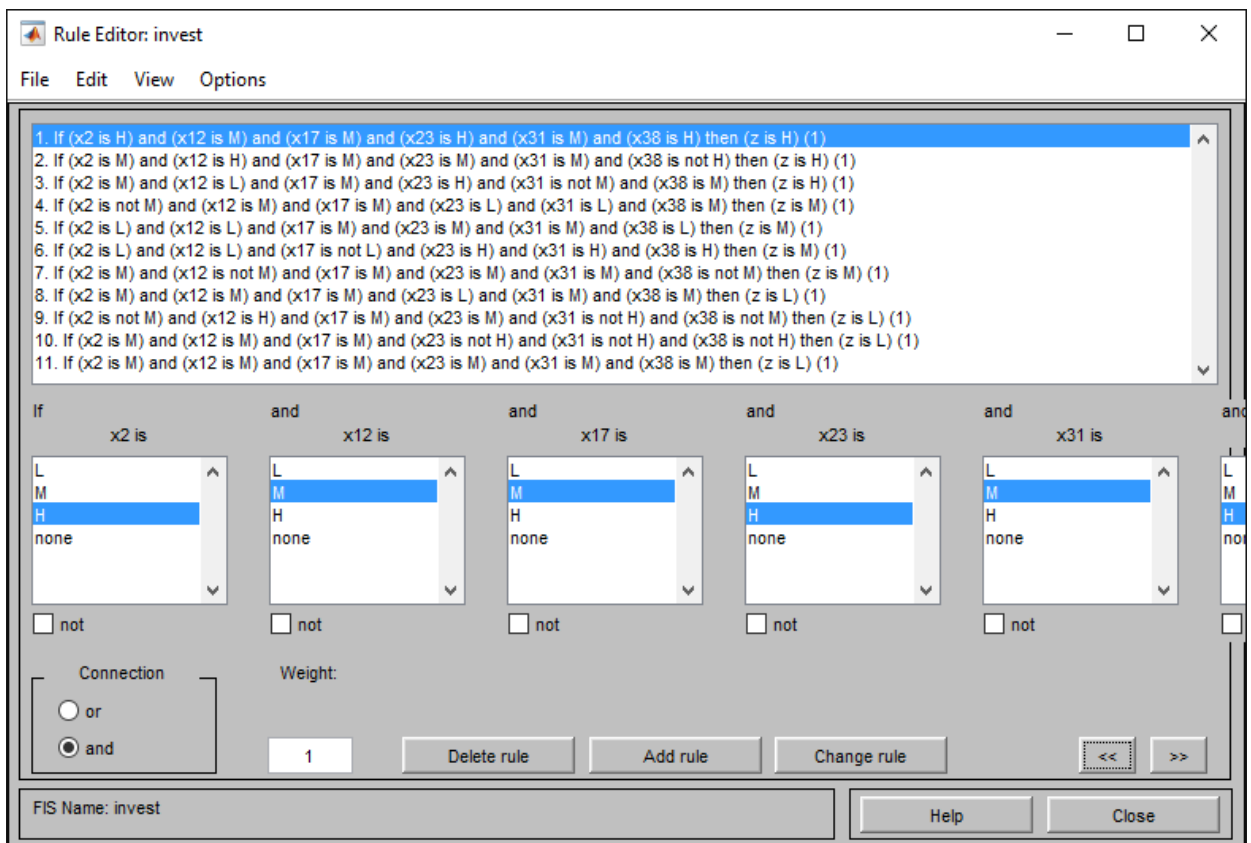


Рис. 3.27. Редактор бази правил Rule Editor у модулі Fuzzy Inference System

Оптимізація параметрів побудованої нечіткої моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни відбувається за допомогою градієнтного підходу (підрозділ 2.3). На рис. 3.28 показано застосування даного підходу до

оптимізації для налаштування квазідзвоноподібних функцій належності (2.27), які мають прості часткові похідні [142; 143]:

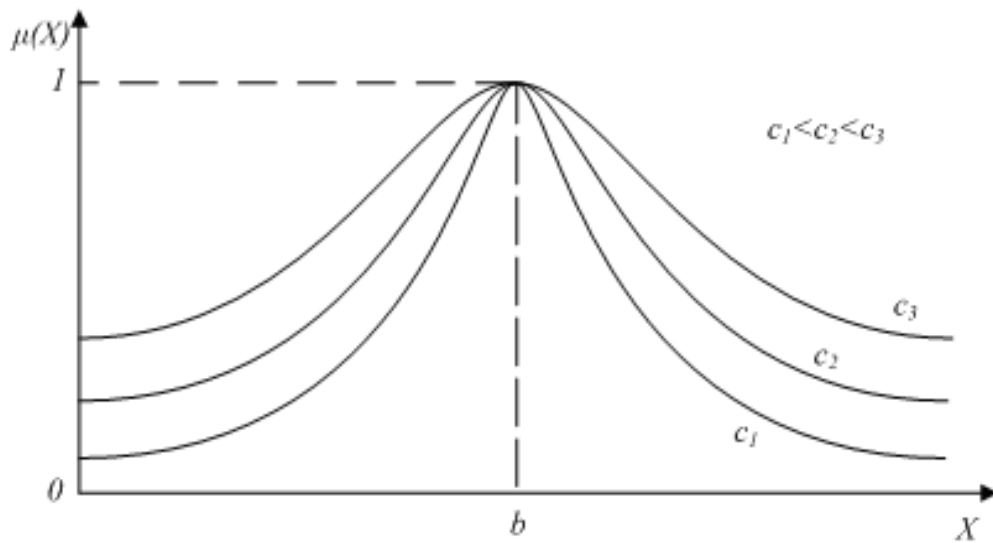


Рис. 3.28. Процес оптимізації квазідзвоноподібних функцій належності нечіткої моделі

Сутність навчання полягає в підборі таких ваг правил  $w$  та параметрів  $b$  і  $c$  функцій належності кожного терму для всіх вхідних змінних  $x_i$ ,  $i = \overline{1,5}$ , та вихідної змінної  $u$ , які мінімізують розходження між результатами нечіткої апроксимації та реальним поведженням об'єкту дослідження – страхової компанії. Для навчання моделі використовується система співвідношень, що мінімізують критерій (3.4):

$$w_p^{dj}(t+1) = w_p^{dj}(t) - \eta \frac{\partial u_t}{\partial w_p^{dj}(t)}, \quad j = \overline{1,m}, p = \overline{1,k_j} \quad (3.7)$$

$$c_p^{dj}(t+1) = c_p^{dj}(t) - \eta \frac{\partial u_t}{\partial c_p^{dj}(t)}, \quad (3.8)$$

$$b_p^{dj}(t+1) = b_p^{dj}(t) - \eta \frac{\partial u_t}{\partial b_p^{dj}(t)}, \quad (3.9)$$

де  $w_p^{dj}(t), c_p^{dj}(t), b_p^{dj}(t)$  – ваги правил ( $w$ ) та параметри всіх функцій належності ( $b, c$ ) кожного терму ( $p$ ) для кожної змінної на  $t$ -му кроці навчання;

$\eta$  – параметр навчання.

Часткові похідні, що входять у співвідношення (3.7) – (3.9), характеризують чутливість помилки  $u_t$  до зміни параметрів нечіткої моделі та обчислюються наступним чином:

$$\frac{\partial u_t}{\partial w_p^{dj}} = \nu_1 \nu_2 \nu_3 \frac{\partial \mu^{dj}(y)}{\partial w_p^{dj}}, \quad (3.10)$$

$$\frac{\partial u_t}{\partial c_p^{dj}} = \nu_1 \nu_2 \nu_3 \nu_4 \frac{\partial \mu^{ajp}(x_i)}{\partial c_p^{dj}}, \quad (3.11)$$

$$\frac{\partial u_t}{\partial b_p^{dj}} = \nu_1 \nu_2 \nu_3 \nu_4 \frac{\partial \mu^{ajp}(x_i)}{\partial b_p^{dj}}, \quad (3.12)$$

де

$$\nu_1 = \frac{\partial u_t}{\partial y} = y_t - \hat{y}_t. \quad (3.13)$$

За допомогою співвідношення (3.12)  $\nu_1$  переводиться у числову форму, оскільки вихідна змінна  $u$  має лінгвістичну природу:

$$\nu_1 = \partial f(y_t) - \partial f(\hat{y}_t), \quad (3.14)$$

де  $\partial f(\cdot)$  – функція, що реалізує операцію дефаззифікації.

Дефаззифікація – операція перетворення нечіткого значення змінної  $u$  в чітке число з інтервалу:

$$[\underline{y}, \bar{y}] = \underbrace{[y, y_1]}_{d_1} \cup \underbrace{[y_1, \bar{y}]}_{d_2} \quad (3.15)$$

Таким чином чітке число  $\partial f(y)$  (значення нечіткої змінної  $y$ ) визначається наступним чином:

$$\partial f(y) = \frac{y\mu^{d_1}(y) + y_1\mu^{d_2}(y)}{\mu^{d_1}(y) + \mu^{d_2}(y)}. \quad (3.16)$$

Розрахунок допоміжних змінних  $v_2, v_3, v_4$  відбувається таким чином:

$$v_2 = \frac{\partial y}{\partial \mu^{dj}(y)} = \frac{\bar{d}_j \sum_{l=1}^m \mu^{d_l}(y) - \sum_{l=1}^m \bar{d}_l \mu^{d_l}(y)}{\left( \sum_{l=1}^m \mu^{d_l}(y) \right)^2}, \quad (3.17)$$

$$v_3 = \frac{\partial \mu^{dj}(Z)}{\partial \prod_{l=1}^n \mu^{a_l^{jp}}(x_l)} = w_p^{dj}, \quad (3.18)$$

$$v_4 = \frac{\partial \prod_{l=1}^n \mu^{a_l^{jp}}(x_l)}{\partial \mu^{a_i^{jp}}(x_i)} = \frac{1}{\mu^{a_i^{jp}}(x_i)} \prod_{l=1}^n \mu^{a_l^{jp}}(x_l), \quad (3.19)$$

$$\frac{\partial \mu^{dj}(y)}{\partial w_p^{dj}} = \prod_{l=1}^n \mu^{a_l^{jp}}(x_l), \quad (3.20)$$



$$\frac{\partial \mu^{ajp}(x_i)}{\partial c_p^{dj}} = \frac{2c_p^{dj}(x_i - b_p^{dj})^2}{\left((c_p^{dj})^2 + (x_i - b_p^{dj})^2\right)^2}, \quad (3.21)$$

$$\frac{\partial \mu^{ajp}(x_i)}{\partial b_p^{dj}} = \frac{2c_p^{dj}(x_i - b_p^{dj})}{\left((c_p^{dj})^2 + (x_i - b_p^{dj})^2\right)^2}. \quad (3.22)$$

Із урахуванням викладених вище перетворень, перепишемо співвідношення (3.7) – (3.22) у вигляді, зручному для автоматизованої настройки нечіткої моделі:

$$w_p^{dj}(t+1) = w_p^{dj}(t) - \eta v_{jp}, \quad (3.23)$$

$$c_p^{dj}(t+1) = c_p^{dj}(t) - \eta \frac{2v_{jp} c_p^{dj}(x_i - b_p^{dj})^2}{\mu^{ajp}(x_i) \left((c_p^{dj})^2 + (x_i - b_p^{dj})^2\right)^2}, \quad (3.24)$$

$$b_p^{dj}(t+1) = b_p^{dj}(t) - \eta \frac{2v_{jp} (c_p^{dj})^2 (x_i - b_p^{dj})^2}{\mu^{ajp}(x_i) \left((c_p^{dj})^2 + (x_i - b_p^{dj})^2\right)^2}, \quad (3.25)$$

де

$$v_{dj} = w_p^{dj} \frac{\bar{d}_j \sum_{l=1}^m \mu^{dj}(y) - \sum_{l=1}^m d_l \mu^{dj}(y)}{\left(\sum_{l=1}^m \mu^{dj}(y)\right)^2} \sum_{l=1}^m \left[ \mu^{dj}(y_l) - \mu^{dj}(\hat{y}_l) \right] \prod_{l=1}^n \mu^{ajp}(x_l). \quad (3.26)$$

Окрім цього, при оптимізації параметрів моделі необхідно враховувати певні обмеження. Так, наприклад, ваги правил  $w$  не можуть бути менші за нуль та більші за одиницю:

$$0 \leq w_p^{dj}(t) \leq 1 \quad (3.27)$$

У той же час центри функцій належності не можуть змінювати свого порядку, тобто параметр максимуму функції належності терму  $H$  має завжди бути меншим за параметр центру функції належності  $C$ , так само параметр максимуму функції належності  $C$  не може перевищувати параметр максимуму функції належності терму  $B$ :

$$b_H^{dj}(t) \leq b_C^{dj}(t) \leq b_B^{dj}(t) \quad (3.28)$$

Процедура оптимізації параметрів моделі реалізована у файлі `Tuning.m` (додаток Ж).

Навчальною вибіркою слугували дані щодо відібраних на першому етапі побудови нечіткої моделі шести показників оцінювання інвестиційного потенціалу  $\{x_2, x_{12}, x_{17}, x_{23}, x_{31}, x_{38}\}$  щодо всіх країн із кластера 2, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. На вихід моделі при оптимізації подавались відповідні цим країнам значення чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року. Результат моделювання цього показника на навчальній вибірці із застосуванням побудованої моделі на нечіткій логіці наведений на рис. 3.29.

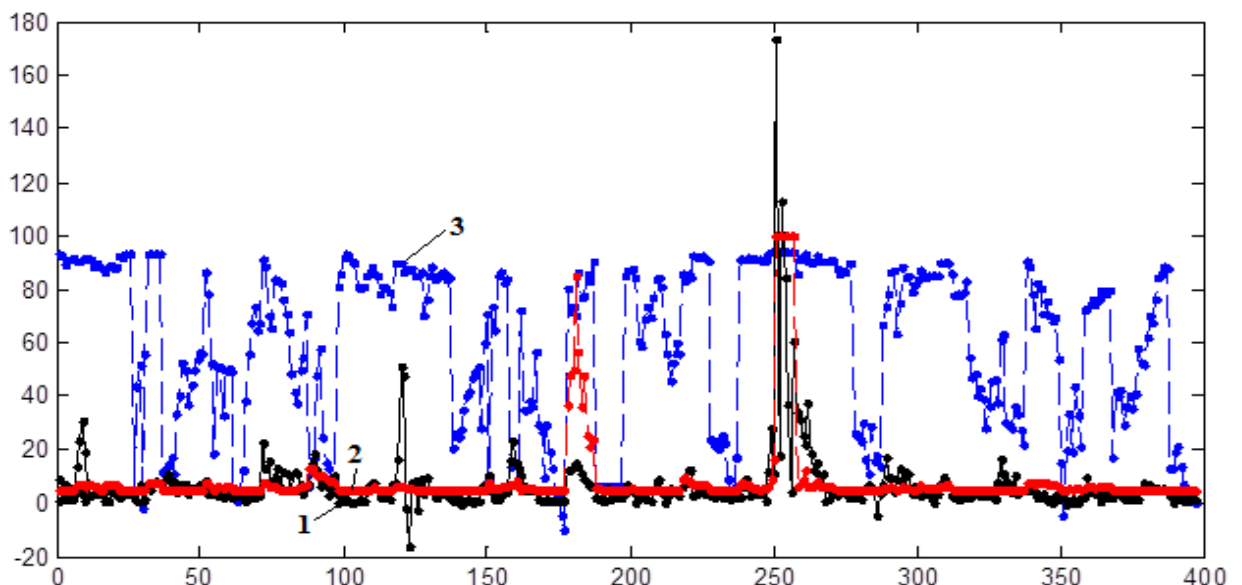


Рис. 3.29. Моделювання інвестиційного потенціалу країни на основі моделі на нечіткій логіці

На рис. 3.29 точками, що утворюють криву 1, позначені реальні дані щодо чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) за 397 спостереженнями, що увійшли до навчальної вибірки. Крива 2 утворена із результатів моделювання після проведення оптимізації параметрів моделі на реальних даних, а 3 – моделювання до проведення оптимізації. Як видно з рис. 3.29, налаштування моделі на нечіткій логіці на даних щодо інвестиційного потенціалу країн суттєво підвищило точність розрахунку результуючої змінної.

Отже, модель досить точно відтворює тенденції розвитку показника прямих іноземних інвестицій для країн другого кластеру, що свідчить про вдалий підхід щодо її структури та параметрів.

В результаті оптимізації параметрів моделі дещо змінилася і сама структура нечіткого логічного висновку. Так зведені таблиці порівняння параметрів функцій належності кожного терму до та після оптимізації наведено у табл. 3.1-3.3, де  $b_T$ ,  $c_T$  – параметри функцій належності до процедури оптимізації;  $b_T^*$ ,  $c_T^*$  – параметри функцій належності після процедури оптимізації.

Таблиця 3.6

**Зведена таблиця порівняння параметрів функцій належності кожної змінної для терму «Н»**

	Вхідні параметри моделі		Параметри моделі після оптимізації	
	$b_T$	$c_T$	$b_T^*$	$c_T^*$
$x_2$	559,5	1,35E+04	559,6	1,35E+04
$x_{12}$	12,67	35,74	5	28,9
$x_{17}$	-3,135	8,55	-4,504	4,726
$x_{23}$	0,7407	37,3	0,4484	35,37
$x_{31}$	63,04	97,9	60,11	80,47
$x_{38}$	12,55	98,6	60,11	80,47
$y$	-5,041	9,397	-1,78	75

Таблиця 3.7

**Зведена таблиця порівняння параметрів функцій належності  
кожної змінної для терму «С»**

	Вхідні параметри моделі		Параметри моделі після оптимізації	
	$b_T$	$c_T$	$b_T^*$	$c_T^*$
$x_2$	6750	9298	6752	9296
$x_{12}$	5,33	23,92	15,99	24,2
$x_{17}$	4,82	5,391	9,592	3,044
$x_{23}$	13,1	21,9	39,3	20,59
$x_{31}$	12,7	83,81	12,08	86,2
$x_{38}$	17,7	57,19	44,1	60,66
$y$	40112	6,43	2,791	75

Таблиця 3.8

**Зведена таблиця порівняння параметрів функцій належності  
кожної змінної для терму «В»**

	Вхідні параметри моделі		Параметри моделі після оптимізації	
	$b_T$	$c_T$	$b_T^*$	$c_T^*$
$x_2$	-251,8	2,42E+04	11,23	2,42E+04
$x_{12}$	19,9	37,22	28,56	33,71
$x_{17}$	-0,849	16,96	-0,849	16,96
$x_{23}$	-5,69	46,88	20,59	250
$x_{31}$	71,82	100,6	86,18	142,7
$x_{38}$	15,9	105,4	60,66	130
$y$	-5,54	18,26	-30	75

За такої конфігурації параметрів моделі змінився й графічний вигляд функцій належності.

Результатом застосування подібної моделі є лінгвістичний опис інвестиційного потенціалу країни, а також кількісна оцінка чистого припливу

прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року після того, за який подаються дані на вхід моделі.

Відтепер з'являється можливість застосовувати побудовану економіко-математичну модель для оцінювання інвестиційного потенціалу будь-якої з країн, що потрапили до другого кластера, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. Зокрема, можна здійснити розрахунок інвестиційного потенціалу України (зауважимо, що статистику за Україною не було включено до навчальної вибірки).

Так, якщо подати на входи моделі на нечіткій логіці значення пояснюючих змінних щодо України за 2014 рік ( $x_2 = 3082,5$  дол. США,  $x_{12} = 26,1$  %,  $x_{17} = 12,2$  %,  $x_{23} = 20,7$  %,  $x_{31} = 90,0$  %,  $x_{38} = 87$ ), отримаємо прогнозну оцінку прямих іноземних інвестицій у 2015 році на рівні 4,6 % від ВВП.

Аналогічну процедуру було проведено й для інших країн другого кластера. Так було отримано наступні результати (табл. 3.4).

Таблиця 3.9

**Прогнозна оцінка прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) для країн другого кластера**

Код	$\hat{y}$
ARG	3,937
BGR	3,9885
BRA	4,0832
CHL	6,2243
CRI	4,9953
CZE	3,3182
ESP	2,8892
FJI	6,8632
GEO	7,1864
GRC	1,9049
HRV	2,1275
HUN	3,2746
ISR	4,298

Код	$\hat{y}$
ITA	2,1332
JAM	6,1875
JOR	4,0704
KOR	2,1492
LBN	6,9411
LSO	4,0756
LTU	2,7276
LVA	3,2967
MDA	5,0047
MEX	3,2903
MKD	3,3425
MNE	11,764
MUS	3,1335

Код	$\hat{y}$
NAM	3,0947
PAN	8,7042
POL	2,8119
ROM	3,1512
RUS	2,1486
SRB	5,1791
SVK	4,3329
SVN	3,3994
TUN	3,403
TUR	3,1403
UKR	4,6
URY	3,6015
ZAF	2,2206

Відтак можна провести ранжування країн другого кластеру за прогнозованим показником прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) (табл. 3.5).

Таблиця 3.10

**Рейтинг країн другого кластеру за оцінкою прямих іноземних інвестицій (% від ВВП)**

Місце	Код	$\hat{y}$	Місце	Код	$\hat{y}$	Місце	Код	$\hat{y}$
1	MNE	11,764	14	BRA	4,0832	27	ROM	3,1512
2	PAN	8,7042	15	LSO	4,0756	28	TUR	3,1403
3	GEO	7,1864	16	JOR	4,0704	29	MUS	3,1335
4	LBN	6,9411	17	BGR	3,9885	30	NAM	3,0947
5	FJI	6,8632	18	ARG	3,937	31	ESP	2,8892
6	CHL	6,2243	19	URY	3,6015	32	POL	2,8119
7	JAM	6,1875	20	TUN	3,403	33	LTU	2,7276
8	SRB	5,1791	21	SVN	3,3994	34	ZAF	2,2206
9	MDA	5,0047	22	MKD	3,3425	35	KOR	2,1492
10	CRI	4,9953	23	CZE	3,3182	36	RUS	2,1486
11	UKR	4,6	24	LVA	3,2967	37	ITA	2,1332
12	SVK	4,3329	25	MEX	3,2903	38	HRV	2,1275
13	ISR	4,298	26	HUN	3,2746	39	GRC	1,9049

Як видно з табл. 3.10 Україна посідає одинадцяте місце серед 39 країн другого кластеру.

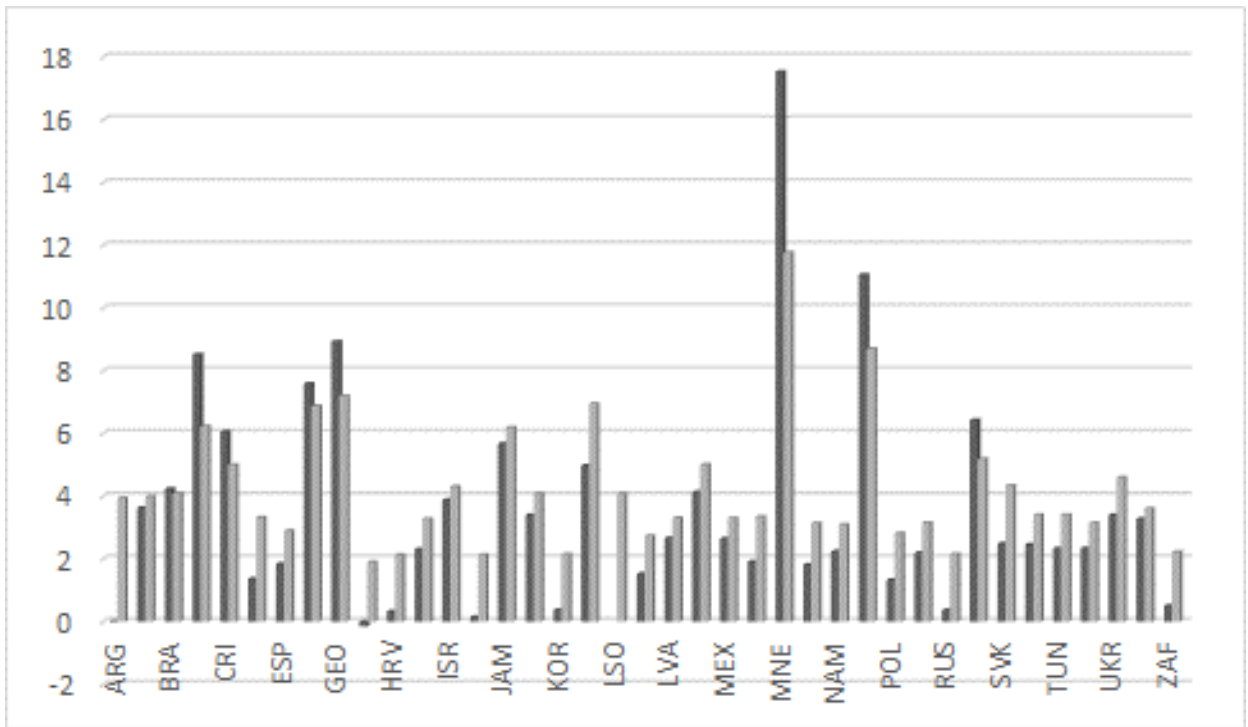
Щодо адекватності побудованої моделі, слід порівняти отримані результати з реальними даними (табл. 3.11). Інформація про реальні значення показника прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) надана у відкритих базах даних не для всіх країн. Це стосується і країн другого кластеру дослідження. Відтак відсутня інформація для Аргентини та Лесото.

Таблиця 3.11

**Зведена таблиця реальних та прогнозованих показників прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) для країн другого кластеру**

Код	у	ŷ	Код	у	ŷ	Код	у	ŷ
ARG	-	3,937	ITA	0,1511	2,1332	NAM	2,2352	3,0947
BGR	3,6236	3,9885	JAM	5,6726	6,1875	PAN	11,049	8,7042
BRA	4,2302	4,0832	JOR	3,3979	4,0704	POL	1,3229	2,8119
CHL	8,5162	6,2243	KOR	0,3659	2,1492	ROM	2,1863	3,1512
CRI	6,054	4,9953	LBN	4,9718	6,9411	RUS	0,3649	2,1486
CZE	1,3632	3,3182	LSO	-	4,0756	SRB	6,4228	5,1791
ESP	1,84	2,8892	LTU	1,5211	2,7276	SVK	2,4828	4,3329
FJI	7,5786	6,8632	LVA	2,6596	3,2967	SVN	2,4555	3,3994
GEO	8,9221	7,1864	MDA	4,1361	5,0047	TUN	2,3288	3,403
GRC	-0,148	1,9049	MEX	2,6465	3,2903	TUR	2,3418	3,1403
HRV	0,3222	2,1275	MKD	1,9101	3,3425	UKR	3,4979	4,6075
HUN	2,3118	3,2746	MNE	17,526	11,764	URY	3,2702	3,6015
ISR	3,8876	4,298	MUS	1,8095	3,1335	ZAF	0,5036	2,2206

Діаграма порівняння рівнів показника прямих іноземних інвестицій зображено на рис. 3.30. Значення даного показника для більшості країн децю перевищують реальні значення, але це вказує лише на можливість досягнення цих значень. Отже, орієнтуючись на міжнародний досвід інших країн існує можливість залучення більших обсягів прямих іноземних інвестицій.



*Рис. 3.30. Діаграма порівняння показника прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) для країн другого кластеру*

У дисертаційній роботі було також проведено ряд експериментів з прогнозування рівня показника прямих іноземних інвестицій країн другого кластеру із застосуванням ряду класичних економетричних підходів та адаптивних методів прогнозування (табл. 3.12). Практична реалізація зазначених підходів ґрунтувалася на вже зібраній статистичній інформації, що використана для налаштування нечіткої моделі оцінювання інвестиційного потенціалу країни.

Так були використані наступні моделі:

- Поліноміальна функція першого порядку:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_2 + a_2x_{12} + a_3x_{17} + a_4x_{23} + a_5x_{31} + a_6x_{38}; \quad (3.29)$$

- Поліноміальна функція другого порядку:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_2 + a_2x_2^2 + a_3x_{12} + a_4x_{12}^2 + \dots + a_{18}x_{38}^2; \quad (3.30)$$



- Поліноміальна функція третього порядку:

$$\hat{y} = a_0 + a_1x_2 + a_2x_2^2 + a_3x_2^3 + \dots + a_{24}x_{38}^3; \quad (3.31)$$

В якості оцінок точності прогнозування часових рядів були використана низка традиційних підходів.

Середня абсолютна похибка у відсотках (mean absolute percentage error).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|y - \hat{y}|}{y} * 100\% \quad (3.32)$$

Середня абсолютна похибка (mean absolute error):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |y - \hat{y}| \quad (3.33)$$

Середньоквадратична похибка (mean squared error):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (y - \hat{y})^2 \quad (3.34)$$

Корінь середньоквадратичної похибки (root-mean-square deviation):

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (3.35)$$

Середня похибка:

$$ME = \frac{1}{n} \sum (y - \hat{y}) \quad (3.36)$$

Стандартне відхилення (standard deviation):

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\hat{y} - ME)^2} \quad (3.37)$$

Нормалізована середньоквадратична похибка (normalized root-mean-square error):

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (y - \hat{y})^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (3.38)$$

Таблиця 3.12

**Порівняння точності оцінювання показника прямих іноземних інвестицій для країн другого кластеру на основі нечіткої моделі та класичних економетричних функцій залежності**

	MAPE	MAE	MSE	RMSE	ME	SD	NRMSE
Нейро-нечітка модель	81,507	1,35	2,7025	1,6439	-0,522	5,1338	0,475
Поліном першого порядку	217,1	6,703	411,43	20,284	-4,373	25,139	5,864
Поліном другого порядку	198,5	6,129	376,19	19,396	-4,182	24,038	5,608
Поліном третього порядку	202,3	5,704	400,85	20,021	-4,326	25,69	5,788

Результати порівняння точності запропонованої моделі вказують на її високу ефективність. Це пояснюється тим, що класичні економетричні

підходи визначають прогностні значення показника виключно на ретроспективних значеннях однієї країни, в той час як нейро-нечітка модель навчається одночасно на всіх можливих варіантах розвитку подій у розрізі країн другого кластеру.

Таким чином, реалізація методологічного підходу до оцінювання інвестиційного потенціалу країни з використанням розроблених у цьому дисертаційному дослідженні системи економіко-математичних моделей дозволяє ефективно оцінити інвестиційний потенціал та спрогнозувати можливі значення показника прямих іноземних інвестицій.

### **Висновки до розділу 3**

З метою реалізації економіко-математичних моделей щодо оцінювання інвестиційного потенціалу країни, визначено коло країн дослідження та відібрано 123 країни світу. Суб'єктом оцінювання виступає Україна.

В якості прикладної платформи запропоновано використання програмних продуктів Matlab та Deductor Studio для побудови та проведення модельних експериментів. Виділено основні переваги даних програмних продуктів.

На основі показників, що сформовані у другому підрозділі дисертаційного дослідження, побудовано штучну нейронну мережу на підґрунті карт самоорганізації Кохонена. Визначена форма та оптимальна кількість нейронів нейромережі. Даний тип нейронної мережі дозволив сформувати 5 кластерів, кожен з яких містить найбільш подібні між собою країни за показниками інвестиційного потенціалу.

Проведено аналіз компонентних площин карти самоорганізації. Визначено, що зміна значень більшості показників відбувається здебільшого у горизонтальному напрямку.

Визначено, що інвестиційний потенціал збільшується від країн п'ятого кластеру до країн першого.

Визначено кластер до якого належить Україна. Зроблено висновок, що економіка та умови ведення інвестиційної діяльності країн з інших кластерів суттєво відрізняються від України. Отже, здійснювати побудову моделі виявлення залежності впливу різноманітних факторів на інвестиційний потенціал доречно без урахування невластивих Україні характеристик. Тобто, є сенс проводити оцінювання інвестиційного потенціалу України у порівнянні з країнами другого кластеру.

Було побудовано економіко-математичну модель оцінювання інвестиційного потенціалу України на підґрунті інструментарію нечіткої логіки, де налаштування параметрів відповідної економіко-математичної моделі здійснюватиметься на основі показників країн, які разом з Україною представляють другий кластер на карті Кохонена. Побудова моделі ґрунтується на алгоритмі нечіткого логічного висновку Мамдані.

Навчальною вибіркою слугували дані щодо відібраних на першому етапі побудови нечіткої моделі шести показників оцінювання інвестиційного потенціалу  $\{x_2, x_{12}, x_{17}, x_{23}, x_{31}, x_{38}\}$  щодо всіх країн із кластера 2, сформованого на другому рівні ієрархії побудови моделі. На вихід моделі при оптимізації подавались відповідні цим країнам значення чистого припливу прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року.

Проведена оптимізація параметрів моделі на основі градієнтного підходу, яка дозволила значно підвищити точність розрахунку результуючої змінної.

Здійснено розрахунок інвестиційного потенціалу України. Так, якщо подати на входи моделі на нечіткій логіці значення пояснюючих змінних щодо України за 2014 рік ( $x_2 = 3082,5$  дол. США,  $x_{12} = 26,1$  %,  $x_{17} = 12,2$  %,  $x_{23} = 20,7$  %,  $x_{31} = 90,0$  %,  $x_{38} = 87$ ), отримаємо прогнозну оцінку прямих іноземних інвестицій у 2015 році на рівні 4,6 % від ВВП.

Проведена оцінка адекватності отриманих результатів за низкою традиційних підходів. Проведені модельні експерименти продемонстрували високу ефективність запропонованого підходу.

Визначено, що подальшим етапом дослідження має бути коригування бази правил з метою покращення результатів побудованої моделі, а також спроби її використання у інших сферах економічної діяльності.

Основні результати розділу 3 опубліковано у наукових працях автора [104; 105; 111-113; 125; 127; 128].

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та здійснено нове вирішення науково-практичного завдання оцінювання інвестиційного потенціалу країни, що полягає у розробці методологічного підходу та побудові на його основі системи економіко-математичних моделей. За результатами проведеного дослідження автором сформульовані такі висновки:

1. Проаналізовано основні науково-методологічні підходи до розуміння сутності інвестиційного потенціалу країни як економічної категорії. В процесі аналізу була визначена відсутність серед науковців єдиного погляду на поняття «інвестиційний потенціал». Тож було запропоновано авторське бачення цього поняття як відображення можливості залучення інвестиційних ресурсів, адекватне реагування на них, та готовності економічної системи до їх сприйняття з метою досягнення її стратегічних цілей, враховуючи умови для інвестування.

2. Проведено критичний аналіз сучасних підходів до оцінювання та моделювання інвестиційного потенціалу та виявлено, що переважна більшість сучасних досліджень використовує експертний підхід, який характеризується низкою недоліків: суб'єктивність отриманих оцінок, низька ефективність в умовах багатокритеріальності, відсутність можливості налаштування на реальних даних тощо.

3. Запропоновано методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни, що ґрунтується на ієрархічній системі оцінювання інвестиційного потенціалу та складається з трьох рівнів ієрархії. Дана система передбачає побудову моделей з використанням апарату нейронних мереж та нечіткої логіки.

4. Визначено систему показників для оцінювання інвестиційного потенціалу країни. Набір даних був сформований так, щоб відобразити якомога більше аспектів інвестиційної діяльності країни як з боку потенційного інвестора, так і зі сторони країни-реципієнта. Визначено шість

груп показників, що визначають інвестиційний потенціал країни: групи показників ВВП, ринку трудових ресурсів, специфіки ціноутворення, торгівлі, уряду та бізнесу. Кожна з цих груп, у свою чергу, характеризується різноманітними фінансово-економічними показниками, які в повній мірі визначають їх рівень ефективності та впливу на інвестиційний потенціал країни.

5. Враховуючи, що поняття інвестиційного потенціалу пов'язане з потенційною можливістю його реалізації із залучення інвестицій в майбутньому, виходячи з поточної економічної та політичної кон'юнктури, за вихідну змінну в результаті проведеного аналізу обрано чистий приплив прямих іноземних інвестицій (% від ВВП) наступного року. Таким чином, при налаштуванні параметрів економіко-математичної моделі та її використанні з метою оцінювання інвестиційного потенціалу країни лаг між вхідними та результуючою змінними становитиме один рік.

6. У рамках розробленого методологічного підходу побудовано економіко-математичну модель кластеризації країн світу за показниками інвестиційного потенціалу, що ґрунтується на використанні карт самоорганізації Кохонена. Дана модель дозволяє формувати групи країн світу, що подібні між собою за умовами ведення інвестиційної діяльності. В процесі побудови сформульовано низку рекомендацій щодо альтернативних напрямків визначення розмірності карти, міри відстані між нейронами, функцій швидкості навчання та сусідства.

7. Відповідно до запропонованого методологічного підходу побудовано систему оцінювання інвестиційного потенціалу країни з використанням апарату нечіткої логіки. Розроблена економіко-математична модель володіє здатністю до налаштування власних параметрів на реальних даних відповідно до особливостей ведення інвестиційної діяльності в країнах, що були зведені до одного кластеру на карті Кохонена.

8. Ґрунтуючись на сформованій інформаційній базі проведено експериментальне дослідження з визначення інвестиційного потенціалу

України із застосуванням розробленої системи моделей. Аналіз результатів проведених комп'ютерних експериментів з використанням системи моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни свідчить про їх високу ефективність і наукову обґрунтованість, та підтверджує доцільність застосування розробленого методологічного підходу та відповідного модельного інструментарію.

9. Запропонований методологічний підхід та рекомендації щодо застосування системи економіко-математичних моделей на підґрунті інструментарію нейронних мереж та нечіткої логіки дозволяють здійснити оцінювання інвестиційного потенціалу країни та прогнозування показників її розвитку з метою підвищення ефективності прийняття управлінських рішень як для країни-реципієнта (з метою підвищення інвестиційної привабливості), так і для потенційного інвестора (з метою пошуку найбільш привабливих та неризикових ринків).



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балацький О.Ф. Загальні проблеми оцінки економічного потенціалу території / О.Ф. Балацький // Сучасний менеджмент і економічний розвиток : реферативний збірник матеріалів постійно діючої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1 вересня 2001 р. - 29 лютого 2012 р. / Відп. за вип. О.М. Теліженко. — Суми : СумДУ, 2012. — С. 5.
2. Малая советская энциклопедия / ред. П. М. Керженцев – М., 1961. – 627 с.
3. Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка : 80 000 слов и фразеологических выражений / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – Изд. 4-е, доп. – М. : Азбуковник, 1999. – 944 с.
4. Епишкин Н. И. Исторический словарь галлицизмов русского языка [Електронний ресурс] / Н. И. Епишкин // Словарное издательство ЭТС. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://gallicismes.academic.ru/>.
5. Москвин А. Большой словарь иностранных слов / А. Москвин. – М. : Центрполиграф, 2008. – 688 с.
6. Большая Советская Энциклопедия / ред. Б. А. Введенский. – М., 1952. – Т. 34. – 656 с.
7. Вишнякова С.М. Профессиональное образование. Словарь. Ключевые понятия, термины, актуальная лексика / Вишнякова С.М. — М. : НМЦ СПО, 1999. – 538 с.
8. Александрова З. Е. Словарь синонимов русского языка. Практический справочник / З. Е. Александрова. — М.: Русский язык, 2011. – 568 с.

9. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки / Л. И. Лопатников. — М. : Дело. 2003. — 520 с.
10. Большой бухгалтерский словарь / ред. А.Н. Азрилияна. — М. : Институт новой экономики. 1999. — 574 с.
11. Беломестнов В. Г. Проблемы управления экономическим потенциалом социально-экономических систем / В. Г. Беломестнов. // Проблемы современной экономики. — 2005. — №1. — С. 86–89.
12. Мірошніченко І. В. Теоретичні основи моделювання інвестиційного потенціалу України / І. В. Мірошніченко // Наукові записки. Серія «Економіка»: Збір. наук. праць. Вип. 18. — Острого : Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2011. — С. 572-582.
13. Мірошніченко І. В. Сутність і підходи до аналізу інвестиційного потенціалу / І. В. Мірошніченко // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сборник научных трудов IV Международной школы-симпозиума АМУР-2010, Севастополь, 13-19 сентября 2010. — Симферополь : ТНУ им. В.И. Вернадского, 2010 — С. 253-256.
14. Михайлушкин П. В. Методы оценки инновационного потенциала предприятия : дис. канд. эк. наук : 08.00.05 / Михайлушкин П. В. — Санкт-Петербург, 2001. — 157 с.
15. Абдужабаров А. Х. Стратегия развития инвестиционного потенциала объектов коммерческой недвижимости / А. Х. Абдужабаров, С. А. Лочан. // Интеграл. — 2009. — №5. — С. 52–53.
16. Бельянинов А. Ю. Оценка государственным посредником инвестиционной привлекательности предприятий - исполнителей контрактов в сфере военно-технического сотрудничества : дис. канд. эк. наук : 08.00.10 / Бельянинов Андрей Юрьевич — Москва, 2002. — 151 с.

17. Борисова Н. В. Пути повышения инвестиционной привлекательности организации / Н. В. Борисова. // Инновации и инвестиции. – 2009. – №1. – С. 44–51.
18. Бочаров В. В. Инвестиции: учебник для вузов. / В. В. Бочаров. – СПб: Питер, 2008. – 152 с.
19. Брыкля О. А. Теоретико-методологические и практические аспекты формирования инвестиционного потенциала : монография / О. А. Брыкля, С. А. Паволва, З. Ф. Санжиминова. – Москва: СГУ, 2009. – 207 с.
20. Горлов О. В. Методический подход к оценке потенциала инвестиционной привлекательности и его эффективному использованию (на примере Амурской области) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. ек. наук : спец. 08.00.05 "Економика и управління народним господарством" / Горлов О. В. – Благовещенск, 2009. – 22 с.
21. Губанова Е. С. Методологические основы систематизации понятий инвестиционной проблематики исследования / Е. С. Губанова. // Проблемы развития территории. – 2004. – №2. – С. 72–78.
22. Модель анализа асимметрии регионального развития / Л. С. Гурьянова, Т. С. Клебанова, Е. А. Сергиенко, Г. С. Гончаренко. // Проблеми економіки. – 2012. – №2. – С. 27–33.
23. Мірошніченко І.В. Теоретичне підґрунтя оцінювання інвестиційного потенціалу України / Г.І. Великоіваненко, І.В. Мірошніченко // Інформаційні технології та моделювання в економіці: Зб. Наук. Праць третьої Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси, 22-25 квітня 2012 р. – С. 37-39.
24. Дидык Л. М. Производственно-хозяйственный потенциал предприятия и проблемы его оценки / Л. М. Дидык. // Вісник українського державного університету водного господарства та природокористування. – 2003. – №1. – С. 199–205.

25. Управління потенціалом підприємства: навч. посібник / [І. З. Должанський, Т. О. Загорна, О. О. Удалих та ін.]. – Київ: Центр навчальної літератури, 2006. – 362 с.

26. Кортина С. Б. Проблемы управления и оценки инвестиционного потенциала промышленных предприятий / С. Б. Кортина, И. Н. Ткаченко. – Екатеринбург: Реал-медиа, 2009. – 202 с.

27. Леонов С. В. Роль и место инвестиционного потенциала предприятий в формировании инвестиционного потенциала региона / С. В. Леонов, Н. В. Винниченко, Т. А. Васильева. // В кн. : Потенциал инновационного развития предприятия : монография / Под. ред. д.э.н., проф. С.Н. Козьменко – Сумы : Деловые перспективы, 2005. – С. 246–253.

28. Леонов С. В. Інвестиційний потенціал банківської системи України : монографія / С. В. Леонов. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2009. – 375 с.

29. Зубкова В. И. Финансово-инвестиционный потенциал предприятия и его влияние на управление инвестициями / В. И. Зубкова, А. В. Накивайло, С. А. Лосева. // Культура народов Причерноморья. – 2001. – №20. – С. 34–37.

30. Марголин А. М. Методы государственного регулирования процесса преодоления инвестиционного кризиса в реальном секторе экономики / А. М. Марголин, А. Я. Быстрыков. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1998. – 220 с.

31. Маринич І.А. Наукові підходи до формування потенціалу підприємства / І.А. Маринич, Н.Р. Кадилович — Львівська КА / Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.15. – С. 220–224.

32. Новиков Н. И. Некоторые аспекты оценки эффективности инвестиций в активы предприятия / Н. И. Новиков, Г. В. Новикова. // Теория и практика общественного развития. – 2012. – №2. – С. 352–355.

33. Ройзман И. Типология инвестиционного климата регионов на новом этапе развития российской экономики / И. Ройзман, И. Гришина, А. Шахназаров. // Инвестиции в России. – 2003. – №3. – С. 7–8.

34. Ройзман И. Сложившаяся и перспективная при влекательность крупнейших отраслей отечественной промышленности / И. Ройзман, И. Гришина. // Инвестиции в России. – 1998. – №1. – С. 37–39.

35. Романова Т.В. Теоретико-методологічні засади оцінки інвестиційного потенціалу регіонів / Т.В. Романова // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. – 2009. – №24. – С. 209-212.

36. Семькина О. Ф. Инвестиционный потенциал как совокупность ресурсов функционирующего предприятия : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. эк. наук : спец. 08.00.01 "Экономическая теория" / Семькина Ольга Филипповна – Томск, 2007. – 27 с.

37. Сипко Л. А. Инвестиционный потенциал: методология статистической оценки (на примере регионов Сибири) : монография / Л. А. Сипко, О. А. Беляков. – Новосибирск: СибУПК, 2004. – 83 с.

38. Сухинова С. Е. Региональная специфика инвестиционного климата / С. Е. Сухинова. – Волгоград: ВолГУ, 2004. – 82 с.

39. Толстолесова Л. А. Финансово-инвестиционный потенциал сырьевых регионов и стратегия его реализации / Л. А. Толстолесова. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2013. – 304 с.

40. Тумусов Ф. С. Инвестиционный потенциал региона: Теория. Проблемы. Практика / Ф. С. Тумусов. – Москва: Экономика, 1999. – 272 с.

41. Федонін О. С. Потенціал підприємства : формування та оцінка: навч. посіб. / О. С. Федонін, І. М. Рєпіна, О. І. Олексюк. – Київ: КНЕУ, 2006. – 316 с.

42. Харламова Г. О. Економіко-математичне моделювання інвестиційного потенціалу України в умовах глобалізації : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. эк. наук : спец. 08.00.11 "Математичні методи,

моделі та інформаційні технології в економіці" / Харламова Ганна Олексіївна – Київ, 2008. – 22 с.

43. Хачатуров Т. С. Инвестиционный потенциал и его использование / Т. С. Хачатуров, В. П. Красовский. // Вестник Академии Наук СССР. – 1981. – №10. – С. 67–76.

44. Царев В. В. Оценка экономической эффективности инвестиций / В. В. Царев. – СПб: Питер, 2004. – 464 с.

45. Глушкова Т. Г. Инвестиционный потенциал региона: некоторые подходы к анализу // Региональная стратегия устойчивого социально-экономического роста: Тез. докл. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Екатеринбург, 1998. – 73 с.

46. Бочаров В. Финансово-кредитный механизм регулирования инвестиционной деятельности предприятия / В. Бочаров, А. Попова. – Москва: Инфра-М, 2005. – 301 с.

47. Кортина С. Б. Эффективность иностранных инвестиций и управление инвестиционным потенциалом горно-металлургического предприятия : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. ек. наук : спец. 08.00.05 "Економіка и управление народным хозяйством" / Кортина С. Б. – Екатеринбург, 2006. – 23 с.

48. Инвестиционный обзор: совместный проект журнала "Эксперт" и Внешторгбанка. // Журнал "Эксперт". – 1997. – №15.

49. Инвестиционный обзор: совместный проект журнала "Эксперт" и Внешторгбанка. // Журнал "Эксперт". – 1996. – №47.

50. Офіційний сайт рейтингового агентства «Експерт-Рейтинг» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.expert-rating.com>.

51. Дорошенко Ю. А. Экономический потенциал территории / Ю. А. Дорошенко. – СПб: Химия, 1997. – 237 с.

52. Нудельман Р. И. Моделирование инвестиционной активности предприятий разных форм собственности / Р. И. Нудельман. // Экономика и математические методы. – 1995. – №2. – С. 91–99.

53. Климова Н. И. Инвестиционный потенциал региона / Н. И. Климова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 276 с.
54. Рясков С.Н. Формирование инвестиционного потенциала и оптимизация его использования (региональный аспект) : дис. канд. эк. наук : 08.00.05 / . – Экономика и управление народным хозяйством, 2000. – 166 с.
55. Чуб Б. А. Оценка инвестиционного потенциала субъектов российской экономики на мезоуровне / Б. А. Чуб. – Москва: БУКВИЦА, 2001. – 227 с.
56. Каминский А.Л. Оценка вариантов территориального размещения строительных объектов с учетом инвестиционной привлекательности регионов РФ : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / А. Л. Каминский; Московский Государственный Строительный Университет. — М., 2000. — 125 с.
57. Гузнер С. Внутрорегиональная дифференциация инвестиционного климата: рейтинговая оценка / С. Гузнер, В. Харитонов, И. Витин. // Регион: экономика и социология. – 1997. – №2. – С. 109–137.
58. Мамонова К.М. Моделювання інвестиційної привабливості підприємств: автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.11 / К. М. Мамонова ; Київ. нац. экон. ун-т ім. В. Гетьмана. — К., 2010. — 20 с.
59. Великоіваненко Г.І. Ієрархічна логіко-лінгвістична модель оцінювання інвестиційної привабливості підприємства / Г.І. Великоіваненко, К.М. Мамонова // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. праць. — К. : КНЕУ, 2009. — Вип. 79. — С. 70-84.
60. Вітлінський В. В. Зміна парадигми в сучасній теорії економіко-математичного моделювання / В. В. Вітлінський, А. В. Матвійчук // Економіка України. – 2007. – № 11. – С. 35–43.
61. Рамазанов С. К. Нелінійні моделі та аналіз складних систем : навч. посіб. в 2-х ч. / С. К. Рамазанов, М. Є. Рогоза, Е. К. Мусаєва ; колектив авторів за ред. проф. С. К. Рамазанова. – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2010. – Ч. 1. – 300 с. ; Ч. 2. – 322 с.

62. Лук'яненко І. Г. Динамічні макроекономічні моделі. Новий концептуальний підхід / І. Г. Лук'яненко. – К. : КМ Академія, 2003. – 50 с.
63. DiChristina M. Limits of Perception [Електронний ресурс] / Mariette DiChristina // Scientific American. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.scientificamerican.com/article/limits-of-perception/>.
64. Kent J. Limits of Human Perception [Електронний ресурс] / James L. Kent // Psychedelic Information Theory. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://psychedelic-information-theory.com/Limits-of-Human-Perception>.
65. Галіцин В. К. Інформаційний менеджмент: наука про інформаційні процеси та управління ними, перспективи його розвитку / В. К. Галіцин, С. Ф. Лазарева // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – К.: КНЕУ, 2006. – № 74. – с. 30-38.
66. Камінський А.Б., Сікач В.О. Нейромережеві технології в управлінні портфелем простроченої заборгованості // Міжвідомчий науковий збірник «Моделювання та інформаційні системи в економіці». – 2011. – 84. – С. 5-19.
67. Arbib M. A. Brains, Machines and Mathematics / M. A. Arbib. – New York: Springer Verlag, 1987. – 202 p.
68. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation / S. Haykin. – Singapore: Pearson Education, 1999. – 823 p. – (2nd Edition).
69. Anil K. Artificial Neural Networks: A Tutorial / K. Anil, M. Jianchang, K. Mohiuddin. // Computer. – 1996. – №29. – P. 31–44.
70. Rosenblatt F. Principles of neurodynamics; perceptrons and the theory of brain mechanisms / Frank Rosenblatt. – Washington: Spartan Books, 1962. – 616 p.
71. Poggio T. Networks for approximation and learning / T. Poggio, F. Girosi. // Proceedings of the IEEE. – 1990. – №9. – P. 1481–1497.
72. Widrow B. Generalization and Information Storage in Networks of Adaline "Neurons" / B. Widrow. // Self-Organizing Systems. – 1962. – P. 435–461.



73. Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities / Hopfield. // Proc Natl Acad Sci U S A. – 1982. – №79. – P. 2554–2558.
74. Ackley D. A Learning Algorithm for Boltzmann Machines / D. Ackley, G. Hinton, T. Sejnowski. // Cognitive Science. – 1985. – №9. – P. 147–169.
75. Kosko B. Bidirectional associative memories / B. Kosko. // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1988. – №18. – C. 49–60.
76. Mendel J. M. Reinforcement-learning control and pattern recognition systems / J. M. Mendel, R. W. McLaren. // Adaptive, Learning and Pattern Recognition Systems: Theory and Applications. – 1970. – №66. – C. 287–318.
77. Kohonen T. Self-organization and associative memory / Kohonen T. // Series in Information Sciences. – Berlin: Springer-Verlag, 1984. – vol. 8. – P. 95–105.
78. Kohonen T. Self organizing maps / Kohonen T. – [3d ed.]. – New-York: Springer, 2001. – 501 p.
79. Zadeh L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh. // Information and Control. – 1965. – №8. – C. 338–353.
80. Zadeh I. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning / I. A. Zadeh. // Information Sciences. – 1975. – №8. – P. 43–80.
81. Zadeh L. A. Fuzzy logic / L. A. Zadeh. // IEEE Transactions on Computers. – 1988. – №21. – P. 83–93.
82. Dubois D. Fuzzy sets and systems - Theory and applications / D. Dubois. – New York: Academic press, 1980. – 393 p.
83. Kaufmann A. Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets / A. Kaufmann., 1975. – 416 p.
84. Mamdani E. H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis / E. H. Mamdani. // IEEE Transactions on Computers. – 1977. – №12. – P. 1182–1191.

85. Sugeno M. Fuzzy measures and fuzzy integrals: a survey / M. Sugeno. // *Fuzzy Automata and Decision Processes*, pp. – 1977. – P. 89–102.
86. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno. // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – 1985. – №1. – P. 116–132.
87. Tanaka H. Fuzzy solution in fuzzy linear programming problems / H. Tanaka, K. Asai. // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – 1984. – №14. – P. 325–328.
88. Tanaka H. Fuzzy linear programming problems with fuzzy numbers / H. Tanaka, K. Asai. // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1984. – №13. – P. 1–10.
89. Terano T. *Fuzzy Systems Theory and Its Applications* / T. Terano, K. Asai, M. Sugeno., 1992. – 264 p.
90. Fukami S. Some considerations on fuzzy conditional inference / S. Fukami, M. Mizumoto, K. Tanaka. // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1980. – №4. – P. 243–273.
91. Zimmermann H. J. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions / H. J. Zimmermann. // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1978. – №1. – P. 45–55.
92. Tsukamoto Y. *Fuzzy Logic Based on Łukasiewicz Logic and Its Application to Diagnosis and Control* / Yahachiro Tsukamoto. – Tokyo: Tokyo Institute of Technology, 1979. – 106 p.
93. Kosko B. Fuzzy Systems as Universal Approximators / B. Kosko. // *IEEE Trans. on Computers*. – 1994. – №43. – P. 1329–1333.
94. Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – Москва: Физматлит, 2001. – 224 с.
95. Головкин В. А. Нейронные сети: Обучение, организация и применение / В. А. Головкин. – Москва: ИПРЖР, 2001. – 256 с. – (Серия «Нейрокомпьютеры и их применения»; кн. 4).
96. Горбань А. Н. *Нейроинформатика* / А. Н. Горбань, В. Л. Дунин-Барковский, А. Н. Кирдин. – Новосибирск: Наука, 1998. – 296 с.

97. Горбань А. Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. – Новосибирск: Наука, 1996. – 276 с.
98. Ежов А. А. Нейрокомпьютинг и его приложения в экономике и бизнесе / А. А. Ежов, С. А. Шумский. – Москва: МИФИ, 1998. – 224 с.
99. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2004. – 452 с.
100. Сигеру О. Нейроуправление и его приложения / О. Сигеру, К. Марзуки, Ю. Рубия. – Москва: ИПРЖР, 2000. – 272 с. – (Нейрокомпьютеры и их применения; кн. 2).
101. Терехов В. А. Нейросетевые системы управления / В. А. Терехов, Д. В. Ефимов, И. Ю. Тюкан. – Москва: ИПРЖР, 2002. – 480 с. – (Нейрокомпьютеры и их применения; кн. 8).
102. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс / С. Хайкин. – Москва: Вильямс, 2006. – 1104 с.
103. Матвійчук А. В. Обґрунтування вибору наукової спрямованості журналу / А. В. Матвійчук. // нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. – 2012. – №1. – С. 7–36.
104. Мірошніченко І. В. Ієрархічна логіко-лінгвістична модель оцінювання інвестиційного потенціалу України з урахуванням ризику / Г. І. Великоіваненко, І. В. Мірошніченко // Культура народів Причорномор'я: журнал. – 2012. – № 231. – С. 14-18.
105. Мірошніченко І.В. Ієрархічна модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни / Г.І. Великоіваненко, І.В. Мірошніченко // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сборник научных трудов VI Международной школы-симпозиума АМУР-2012, Севастополь, 17-23 сентября 2012 – С. 74-75.
106. International Standard Industrial Classification of All Economic Activities, Rev.4 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=27>.

107. Keynes J. M. *The General Theory of Employment, Interest and Money* / J. M. Keynes. – London: Macmillan, 1936. – 263 с.

108. Kahn R. F. *The Relation of Home Investment to Unemployment* / R. F. Kahn. // *The Economic Journal*. – 1931. – №41. – С. 173–198.

109. Laspeyres E. *Die Berechnung einer mittleren Warenpreissteigerung* / E. Laspeyres. // *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*. – 1871. – №16. – P. 296–314.

110. Paasche H. *Über die Preisentwicklung der letzten Jahre nach den Hamburger Borsennotirungen* / H. Paasche. // *Jahrb. Natl. Stat.* – 1874. – №23. – P. 168–178.

111. Мірошніченко І. В. Дослідження взаємозв'язків між показниками інвестиційного потенціалу України на основі карт самоорганізації / І. В. Мірошніченко // *Економічний аналіз. Збір. наук. праць. (Index Copernicus) Том 14. – №2. – Тернопіль : 2013. – С. 63-69.*

112. Мірошніченко І.В. Використання інструментарію нейронних мереж у моделюванні інвестиційного потенціалу країни / І. В. Мірошніченко // *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці : матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції – Чернівці, 14-17 травня 2013. – С. 196-197.*

113. Мірошніченко І.В. Використання карт самоорганізації Кохонена в аналізі взаємозв'язків показників інвестиційного потенціалу України / І. В. Мірошніченко // *Теоретико-методологічні і науково-практичні засади інформаційного, фінансового та облікового забезпечення розвитку економіки : збірник тез доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції, Черкаси, 21-22 листопада 2013 р. – Черкаси : СУЕМ, 2013. – С. 23-25.*

114. Deboeck G. *Visual Explorations in Finance: with Self-Organizing Maps* / G. Deboeck, T. Kohonen., 1998. – 258 p. – (Springer Finance).

115. Sammon J. W. *A nonlinear mapping for data structure analysis* / J. W. Sammon. // *IEEE Transactions on Computers*. – 1969. – P. 401–409.

116. Wasserman P. D. Neural Computing: Theory and Practice / Philip D. Wasserman., 1989. – 230 p.
117. Grossberg S. On learning and energy-entropy dependence in recurrent and nonrecurrent signed networks / S. Grossberg. // Journal of Statistical Physics. – 1969. – №1. – P. 319–350.
118. Kohonen T. Things you haven't heard about the self-organizing map / Kohonen T. // Proceedings of the International conference on Neural Networks. – 1993. – P. 1147-1156.
119. Ritter H. Neural Computation and Self-Organizing Maps: An Introduction / Ritter H., Martinetz T., Schulten K. – New York: Addison-Wesley, 1992. – 293 p.
120. Obermayer K. Development and spatial structure of cortical feature maps: A model study / K. Obermayer, H. Ritter, K. Schulten. // Advances in Neural Information Processing Systems. – 1991. – №3. – P. 11–17.
121. Erwin E. Self-organizing maps: Stationary states, metastability and convergence rate / Erwin E., Obermayer K. Schulten K. // Biological Cybernetics. – 1992. – vol. 67. – P. 35-45.
122. Kohonen T. Exploration of very large databases by self-organizing maps / T. Kohonen. // International Conference on Neural Networks. – 1997. – №1. – P. 1–6.
123. Kohonen T. Self-organized formation of topologically correct feature maps / T. Kohonen. // Biological Cybernetics. – 1982. – №43. – P. 59–69.
124. Miller G. A. The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information [Електронний ресурс] / G. A. Miller. – 1956. – Режим доступу до ресурсу: <http://psychclassics.yorku.ca/Miller/>.
125. Мірошніченко І. В. Модель оцінювання інвестиційного потенціалу країни / І. В. Мірошніченко // Інвестиції: практика та досвід (Index Copernicus) – Київ: ТОВ «ДКС Центр», 2016. – №7 – С. 81-85.

126. Pearson K. Notes on regression and inheritance in the case of two parents / K. Pearson. // Proceedings of the Royal Society of London. – 1895. – №58. – P. 240–242.
127. Мірошніченко І. В. Модель оцінювання інвестиційного потенціалу України на підґрунті нечіткої логіки [Електронний ресурс] / І. В. Мірошніченко // Ефективна економіка (Index Copernicus). – 2016. – №5. – Режим доступу до журналу: <http://www.economy.nayka.com.ua>
128. Мірошніченко І.В. Комплекс моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни / І. В. Мірошніченко // Моніторинг, моделювання та менеджмент емерджентної економіки: ЗБ.Наук. пр. Пятої Міжнародної науково-практичної конференції, Черкаси, 26-28 квітня 2016р. – С. 147-150.
129. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб: БХВПетербург, 2005. – 736 с.
130. Pegat A. Fuzzy modeling and control / A. Pegat., 2009. – 798 p.
131. Holland H. Adaptation in Natural and Artificial Systems / H. Holland., 1992. – 211 p. – (Complex Adaptive Systems).
132. Nawa N. E. Fuzzy System Parameters Discovery by Bacterial Evolutionary Algorithm / N. E. Nawa, T. Furuhashi. // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 1999. – P. 608–616.
133. Alpaydin E. Introduction to Machine Learning / E. Alpaydin., 2004. – 445 p.
134. Rumelhart D. E. Learning Representations by Back-propagating Errors / D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, R. J. Williams. // Nature. – 1986. – №323. – P. 533–536.
135. Levenberg K. A Method for the Solution of Certain Non-Linear Problems in Least Squares / K. Levenberg. // Quarterly Journal of Applied Mathematics. – 1944. – №2. – P. 164–168.

136. Marquardt D. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters / D. Marquardt. // J. Soc. Indust. Appl. Math.. – 1963. – №11. – P. 431–441.

137. Moscato P. On Evolution, Search, Optimization, Genetic Algorithms and Martial Arts: Towards Memetic Algorithms / P. Moscato. // Technical Report Caltech Concurrent Computation Program. – 1989. – №826.

138. Fuzzy Rule Extraction by Bacterial Memetic Algorithms / J. Botzheim, C. Cabrita, T. Kóczy, A. E. Ruano. // Proceedings of the 11th World Congress of International Fuzzy Systems Association. – 2005. – P. 1563–1568.

139. Trading Economics database [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tradingeconomics.com>.

140. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.

141. Mamdani E. H. Advances in the Linguistic Synthesis of Fuzzy Controller / E. H. Mamdani // International Journal Man-Machine Studies. – 1976. – Vol. 8. – P. 669–678.

142. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : КНЕУ, 2007. – 264 с. – ISBN 966-574-966-8.

143. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. / А. В. Матвійчук. — К. : КНЕУ, 2011.— 439 с.

144. Консультационный центр Matlab компании Softline [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru>.

145. Митюшкин Ю. И. Soft-Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ротштейн. – 2002: УНІВЕРСУМ, 2002. – 145 с.

146. Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А. О. Недосекин. – СПб: Сезам, 2002. – 181 с.

147. Паклин, Н. Нечеткая логика – математические основы [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.basegroup.ru/library/analysis/fuzzylogic/math/](http://www.basegroup.ru/library/analysis/fuzzylogic/math/)

148. Ротштейн А. П. Проектирование нечетких баз знаний: лабораторный практикум и курсовое проектирование. Учебное пособие / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба. – Винница: : Винницкий государственный технический университет, 1999. – 65 с.

149. Ротштейн А. П. Нечеткая надежность алгоритмических процессов / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба. – Винница: Континент-ПРИМ, 1997. – 142 с.

150. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. – Москва: Наука, 1986. – 288 с.

151. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Д. А. Поспелов. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 232 с.



## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1

## Перелік показників оцінювання інвестиційного потенціалу країни

Змінна	Назва показника	Назва групи показників
1	2	3
у	Прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (% від ВВП)	Вихідний
x <sub>1</sub>	Зростання ВВП (% на рік)	Показники ВВП
x <sub>2</sub>	ВВП на душу населення (в поточних доларах США)	
x <sub>3</sub>	Зростання ВВП на душу (% на рік)	
x <sub>4</sub>	Сільське господарство, додана вартість (% від ВВП)	
x <sub>5</sub>	Промисловість, додана вартість (% від ВВП)	
x <sub>6</sub>	Виробництво, додана вартість (% від ВВП)	
x <sub>7</sub>	Послуги тощо, додана вартість (% від ВВП)	
x <sub>8</sub>	Безробіття, всього (% від загальної чисельності робочої сили) (національна оцінка)	Ринок трудових ресурсів
x <sub>9</sub>	Населення у віці 15-64 років (% від загального числа)	
x <sub>10</sub>	Наймані працівники, всього (% від загальної кількості працівників)	
x <sub>11</sub>	Зайнятість в сільському господарстві (% від загальної зайнятості)	
x <sub>12</sub>	Зайнятість у промисловості (% від загальної зайнятості)	
x <sub>13</sub>	Робота в сфері послуг (% від загальної зайнятості)	
x <sub>14</sub>	Зайнятості в загальній чисельності населення, всього (%) (за оцінкою МОП)	
x <sub>15</sub>	Зайнятості в загальній чисельності населення, всього (%) (національна оцінка)	
x <sub>16</sub>	Рівень участі в робочій силі, всього (% від загального числа населення у віці 15-64 років) (за зразком оцінки МОП)	
x <sub>17</sub>	Інфляція споживчих цін (% на рік)	Специфіка ціноутворення
x <sub>18</sub>	Інфляція, дефлятор ВВП (% на рік)	
x <sub>19</sub>	Паритет купівельної спроможності	
x <sub>20</sub>	Ціна дизельного палива (US \$ за літр)	
x <sub>21</sub>	Ціна бензину (US \$ за літр)	

## Продовження Таблиці А.1

1	2	3
x <sub>22</sub>	Торгівля (% ВВП)	Торгівля
x <sub>23</sub>	Торгівля послугами (% від ВВП)	
x <sub>24</sub>	Експорт товарів і послуг (% ВВП)	
x <sub>25</sub>	Імпорт товарів і послуг (% ВВП)	
x <sub>26</sub>	Загальні резерви (включаючи золото, в поточних доларах США) на душу населення	Урядова політика
x <sub>27</sub>	Сальдо рахунку поточних операцій (% ВВП)	
x <sub>28</sub>	Загальні запаси золота на душу населення	
x <sub>29</sub>	Валові національні витрати (% ВВП)	
x <sub>30</sub>	Витрати на охорону здоров'я, всього (% від ВВП)	
x <sub>31</sub>	Витрати на кінцеве споживання (% від ВВП)	
x <sub>32</sub>	Загальні державні витрати на кінцеве споживання (у % від ВВП)	
x <sub>33</sub>	Військові витрати (% від ВВП)	Бізнес
x <sub>34</sub>	Індекс виробництва тваринництва	
x <sub>35</sub>	Індекс виробництва харчових продуктів	
x <sub>36</sub>	Індекс виробництва зерна	
x <sub>37</sub>	Товарно-матеріальні запаси (% від ВВП)	
x <sub>38</sub>	Індекс легкості ведення бізнесу	
x <sub>39</sub>	Час, необхідний для початку бізнесу (дні)	
x <sub>40</sub>	Загальна податкова ставка (% від комерційного прибутку)	
x <sub>41</sub>	Індекс сприйняття корупції	

**Перелік показників оцінювання інвестиційного потенціалу країни за джерелом інформації**

<b>Змінна</b>	<b>Джерело</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Y</b>	<b>International Monetary Fund, International Financial Statistics and Balance of Payments databases, World Bank, International Debt Statistics, and World Bank and OECD GDP estimates.</b>
X1	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X2	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X3	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X4	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X5	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X6	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X7	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X8	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X9	The United Nations Population Division's World Population Prospects.
X10	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X11	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X12	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X13	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X14	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X15	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X16	International Labour Organization, Key Indicators of the Labour Market database.
X17	International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files.
X18	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.

1	2
X19	World Bank, International Comparison Program database.
X20	German Agency for International Cooperation (GIZ).
X21	German Agency for International Cooperation (GIZ).
X22	International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files.
X23	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X24	International Monetary Fund, Balance of Payments Statistics Yearbook and data files, and World Bank and OECD GDP estimates.
X25	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X26	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X27	International Monetary Fund, Balance of Payments Statistics Yearbook and data files, and World Bank and OECD GDP estimates.
X28	International Monetary Fund, International Financial Statistics and data files.
X29	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X30	World Health Organization Global Health Expenditure database (see <a href="http://apps.who.int/nha/database">http://apps.who.int/nha/database</a> for the most recent updates).
X31	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X32	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X33	Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Yearbook: Armaments, Disarmament and International Security.
X34	Food and Agriculture Organization, electronic files and web site.
X35	Food and Agriculture Organization, electronic files and web site.
X36	Food and Agriculture Organization, electronic files and web site.
X37	World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files.
X38	World Bank, Doing Business project ( <a href="http://www.doingbusiness.org/">http://www.doingbusiness.org/</a> ).
X39	World Bank, Doing Business project ( <a href="http://www.doingbusiness.org/">http://www.doingbusiness.org/</a> ).
X40	World Bank, Doing Business project ( <a href="http://www.doingbusiness.org/">http://www.doingbusiness.org/</a> ).
X41	Transparency International ( <a href="https://www.transparency.org/">https://www.transparency.org/</a> )

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

### Дослідження кореляційної залежності між ендогенною та екзогенними змінними інвестиційного потенціалу країни

Correl	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40	X41		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42		
Y	0,10	-0,01	0,10	-0,02	-0,02	-0,15	0,04	-0,08	0,01	0,09	-0,10	-0,07	0,15	-0,09	-0,08	-0,12	0,01	0,03	-0,02	0,00	-0,01	-0,03	0,54	0,31	0,30	0,28	-0,23	-0,03	0,05	0,03	0,08	0,06	-0,03	-0,11	-0,09	-0,03	-0,01	0,10	0,06	-0,05	0,06		
X1		-0,27	0,97	0,17	0,12	0,07	-0,24	-0,09	-0,05	-0,06	0,17	-0,04	-0,15	0,13	0,11	-0,08	0,18	0,37	-0,27	-0,32	-0,28	-0,04	0,13	-0,02	0,08	0,16	-0,20	-0,02	0,14	-0,11	0,00	-0,14	0,12	0,11	0,06	0,04	0,40	0,10	0,17	0,03	-0,08		
X2			-0,26	-0,63	0,07	0,23	0,26	-0,30	0,14	0,28	-0,46	0,11	0,38	0,18	0,26	0,34	-0,38	-0,38	0,93	0,58	0,53	0,34	-0,19	0,03	0,01	-0,33	0,29	0,31	-0,50	0,16	-0,46	0,02	0,05	-0,09	-0,06	-0,02	-0,24	-0,32	-0,11	0,21	0,45		
X3				0,20	0,12	0,11	-0,24	-0,10	0,06	-0,01	0,18	0,04	-0,21	0,12	0,12	-0,01	0,17	0,37	-0,27	-0,25	-0,22	-0,05	0,17	-0,03	0,12	0,19	-0,21	-0,03	0,13	-0,12	-0,02	-0,14	0,06	0,04	0,01	0,03	0,41	-0,02	0,12	0,04	-0,10		
X4					-0,34	-0,17	-0,18	0,28	0,01	-0,45	0,52	-0,23	-0,34	-0,27	-0,33	-0,31	0,35	0,33	-0,57	-0,21	-0,17	-0,35	-0,01	-0,11	-0,20	0,15	-0,29	-0,34	0,48	0,01	0,48	0,00	-0,07	-0,11	-0,10	0,03	0,32	0,20	0,11	-0,01	-0,43		
X5						0,60	-0,85	-0,11	0,08	0,39	-0,16	0,54	-0,24	0,27	0,27	0,23	0,02	0,11	-0,01	-0,07	-0,08	0,08	0,10	-0,17	0,23	-0,02	0,40	0,15	-0,33	-0,13	-0,42	0,02	-0,05	0,11	0,17	0,09	-0,03	-0,15	0,14	0,16	0,23		
X6							-0,54	-0,32	0,26	0,30	-0,20	0,46	-0,15	0,12	0,20	0,01	-0,03	0,00	0,12	0,19	0,21	0,23	0,11	-0,22	0,23	0,00	0,37	0,29	-0,29	-0,10	-0,35	-0,01	0,01	0,00	-0,07	-0,07	0,01	-0,32	-0,03	0,29	0,16		
X7								-0,03	-0,08	-0,17	-0,11	-0,44	0,43	-0,14	-0,11	-0,07	-0,21	-0,30	0,31	0,20	0,18	0,10	-0,10	0,24	-0,13	-0,05	-0,28	0,02	0,09	0,14	0,19	-0,03	0,04	-0,06	-0,13	-0,11	-0,16	0,06	-0,21	-0,16	-0,03		
X8									-0,34	0,00	0,18	-0,06	-0,14	-0,54	-0,59	-0,06	-0,05	-0,08	-0,28	0,00	-0,04	-0,28	0,03	-0,11	-0,10	0,14	-0,05	-0,29	0,33	0,18	0,41	0,45	0,07	-0,04	0,01	0,00	-0,03	0,13	0,17	-0,39	-0,14		
X9										0,07	0,04	0,27	-0,22	0,08	0,17	0,07	-0,12	-0,14	0,03	0,18	0,23	0,10	0,06	0,01	0,18	-0,04	-0,03	0,10	-0,28	-0,03	-0,36	-0,29	-0,29	-0,12	-0,17	-0,16	0,14	-0,63	-0,27	0,14	-0,02		
X10											-0,70	0,49	0,29	-0,05	0,04	0,20	-0,13	-0,04	0,17	0,18	0,14	0,17	0,28	0,07	0,38	0,16	0,23	0,22	-0,24	0,00	-0,25	0,29	-0,08	0,11	0,23	0,19	-0,16	-0,16	0,08	0,12	0,24		
X11												-0,31	-0,72	0,02	-0,02	-0,05	0,29	0,20	-0,39	-0,17	-0,19	-0,31	-0,14	-0,20	-0,27	-0,01	-0,18	-0,30	0,29	0,13	0,24	0,00	0,10	-0,13	-0,15	-0,13	0,19	-0,08	-0,07	-0,19	-0,27		
X12													-0,41	-0,04	0,06	0,14	-0,13	-0,07	0,03	0,13	0,09	-0,04	0,24	-0,14	0,28	0,17	0,21	-0,02	-0,11	-0,08	-0,17	0,19	-0,25	-0,03	-0,01	-0,04	-0,11	-0,31	-0,01	0,10	0,11		
X13														0,04	-0,01	-0,02	-0,19	-0,15	0,38	0,10	0,15	0,30	-0,05	0,28	0,05	-0,12	0,03	0,28	-0,21	-0,06	-0,12	-0,13	0,07	0,15	0,16	0,17	-0,09	0,29	0,09	0,10	0,20		
X14															0,91	0,72	0,15	0,14	0,25	-0,09	-0,13	0,13	-0,13	-0,14	0,02	-0,24	0,22	0,19	-0,39	-0,25	-0,48	-0,33	-0,08	0,09	0,16	0,15	0,08	-0,10	0,14	0,23	0,22		
X15																0,69	0,15	0,12	0,31	0,00	-0,06	0,13	-0,13	-0,13	0,02	-0,24	0,23	0,20	-0,38	-0,19	-0,45	-0,25	-0,06	0,05	0,11	0,13	0,01	-0,22	-0,02	0,24	0,19		
X16																	0,00	-0,04	0,37	0,22	0,10	0,02	-0,09	-0,20	0,05	-0,20	0,26	0,07	-0,36	-0,06	-0,40	0,00	-0,13	-0,09	0,11	0,16	0,00	-0,31	0,15	0,13	0,27		
X17																		0,73	-0,31	-0,27	-0,29	-0,20	-0,13	-0,14	-0,24	-0,02	-0,24	-0,18	0,27	-0,09	0,18	-0,04	-0,02	0,16	0,14	0,10	0,26	0,24	0,06	0,17	-0,31		
X18																			-0,32	-0,36	-0,36	-0,21	-0,16	-0,11	-0,25	-0,07	-0,17	-0,19	0,20	-0,12	0,11	-0,06	0,00	0,14	0,13	0,11	0,29	0,30	0,15	0,30	-0,32		
X19																				0,54	0,47	0,29	-0,27	0,00	-0,10	-0,39	0,26	0,27	-0,45	0,16	-0,39	0,02	0,03	-0,10	-0,04	0,04	-0,25	-0,21	0,00	0,16	0,46		
X20																					0,93	0,23	0,00	0,05	0,11	-0,09	0,17	0,24	-0,27	0,15	-0,17	0,14	-0,07	-0,17	-0,12	-0,01	-0,23	-0,40	-0,25	-0,08	0,35		
X21																						0,21	-0,03	0,06	0,08	-0,12	0,14	0,21	-0,27	0,11	-0,16	0,03	-0,11	-0,07	-0,05	0,05	-0,19	-0,35	-0,25	-0,04	0,33		
X22																							0,02	0,11	0,09	-0,04	0,11	0,98	-0,17	-0,09	-0,21	-0,09	0,36	0,03	0,08	0,06	-0,15	-0,01	-0,16	-0,15	0,17		
X23																									0,45	0,92	0,94	-0,12	0,05	0,26	0,02	0,20	0,27	-0,14	-0,22	-0,28	-0,19	0,06	-0,07	-0,01	-0,23	0,05	
X24																											0,44	0,41	-0,12	0,08	0,08	0,02	0,16	0,05	-0,07	-0,16	-0,18	-0,09	-0,13	0,20	0,06	-0,14	0,04
X25																												0,74	0,09	0,13	-0,14	-0,08	-0,17	0,06	-0,20	-0,19	-0,24	-0,16	0,01	-0,20	-0,04	-0,09	0,18
X26																													-0,28	-0,03	0,56	0,10	0,49	0,40	-0,07	-0,21	-0,28	-0,19	0,09	0,06	0,02	-0,32	-0,08
X27																													0,15	-0,52	-0,03	-0,41	-0,05	-0,05	0,09	0,14	0,08	-0,21	-0,09	0,09	0,11	0,25	
X28																														-0,21	-0,12	-0,25	-0,07	0,34	0,06	0,11	0,09	-0,13	-0,06	-0,15	-0,17	0,24	



## ДОДАТОК В

Таблиця В.1

## Повний перелік країн, що приймає участь у дослідженні

№	Код	Назва країни англійською мовою	Назва країни українською
1	2	3	4
1	ALB	Albania	Албанія
2	DZA	Algeria	Алжир
3	ARG	Argentina	Аргентина
4	ARM	Armenia	Вірменія
5	AUS	Australia	Австралія
6	AUT	Austria	Австрія
7	AZE	Azerbaijan	Азербайджан
8	BGD	Bangladesh	Бангладеш
9	BLR	Belarus	Білорусь
10	BEL	Belgium	Бельгія
11	BOL	Bolivia	Болівія
12	BWA	Botswana	Ботсвана
13	BRA	Brazil	Бразилія
14	BGR	Bulgaria	Болгарія
15	KHM	Cambodia	Камбоджа
16	CAN	Canada	Канада
17	CHL	Chile	Чилі
18	CHN	China	Китай
19	COL	Colombia	Колумбія
20	CRI	Costa Rica	Коста-Ріка
21	HRV	Croatia	Хорватія
22	CYP	Cyprus	Кіпр
23	CZE	Czech Republic	Чеська Республіка
24	DNK	Denmark	Данія
25	DOM	Dominican Republic	Домініканська республіка
26	ECU	Ecuador	Еквадор
27	EGY	Egypt, Arab Rep.	Єгипет, Арабська Реп.
28	SLV	El Salvador	Сальвадор
29	EST	Estonia	Естонія
30	ETH	Ethiopia (excludes Eritrea)	Ефіопія (за винятком Еритреї)
31	FJI	Fiji	Фіджі
32	FIN	Finland	Фінляндія
33	FRA	France	Франція
34	GAB	Gabon	Габон
35	GMB	Gambia, The	Гамбія

## Продовження Таблиці В.1

1	2	3	4
36	GEO	Georgia	Грузія
37	DEU	Germany	Німеччина
38	GHA	Ghana	Гана
39	GRC	Greece	Греція
40	GTM	Guatemala	Гватемала
41	GIN	Guinea	Гвінея
42	HND	Honduras	Гондурас
43	HKG	Hong Kong, China	Гонконг, Китай
44	HUN	Hungary	Угорщина
45	ISL	Iceland	Ісландія
46	IND	India	Індія
47	IDN	Indonesia	Індонезія
48	IRL	Ireland	Ірландія
49	ISR	Israel	Ізраїль
50	ITA	Italy	Італія
51	JAM	Jamaica	Ямайка
52	JPN	Japan	Японія
53	JOR	Jordan	Йорданія
54	KAZ	Kazakhstan	Казахстан
55	KEN	Kenya	Кенія
56	KOR	Korea, Rep.	Корея, республіка
57	KWT	Kuwait	Кувейт
58	KGZ	Kyrgyz Republic	Киргизька Республіка
59	LAO	Lao PDR	ЛНДР
60	LVA	Latvia	Латвія
61	LBN	Lebanon	Ліван
62	LSO	Lesotho	Лесото
63	LTU	Lithuania	Литва
64	LUX	Luxembourg	Люксембург
65	MKD	Macedonia, FYR	Македонія
66	MDG	Madagascar	Мадагаскар
67	MWI	Malawi	Малаві
68	MYS	Malaysia	Малайзія
69	MLI	Mali	Малі
70	MLT	Malta	Мальта
71	MUS	Mauritius	Маврикій
72	MEX	Mexico	Мексика
73	MDA	Moldova	Молдова
74	MNG	Mongolia	Монголія
75	MNE	Montenegro	Чорногорія



## Продовження Таблиці В.1

1	2	3	4
76	MAR	Morocco	Марокко
77	NAM	Namibia	Намібія
78	NPL	Nepal	Непал
79	NLD	Netherlands	Нідерланди
80	NZL	New Zealand	Нова Зеландія
81	NIC	Nicaragua	Нікарагуа
82	NER	Niger	Нігер
83	NOR	Norway	Норвегія
84	OMN	Oman	Оман
85	PAK	Pakistan	Пакистан
86	PAN	Panama	Панама
87	PRY	Paraguay	Парагвай
88	PER	Peru	Перу
89	PHL	Philippines	Філіппіни
90	POL	Poland	Польща
91	PRT	Portugal	Португалія
92	QAT	Qatar	Катар
93	ROM	Romania	Румунія
94	RUS	Russian Federation	Російська Федерація
95	RWA	Rwanda	Руанда
96	SAU	Saudi Arabia	Саудівська Аравія
97	SEN	Senegal	Сенегал
98	SRB	Serbia	Сербія
99	SGP	Singapore	Сінгапур
100	SVK	Slovak Republic	Словаччина
101	SVN	Slovenia	Словенія
102	ZAF	South Africa	Південна Африка
103	ESP	Spain	Іспанія
104	LKA	Sri Lanka	Шрі Ланка
105	SWE	Sweden	Швеція
106	CHE	Switzerland	Швейцарія
107	SYR	Syrian Arab Republic	Сирійська Арабська Республіка
108	TZA	Tanzania	Танзанія
109	THA	Thailand	Таїланд
110	TMP	East Timor	Східний Тимор
111	TGO	Togo	Того
112	TTO	Trinidad and Tobago	Тринідад і Тобаго
113	TUN	Tunisia	Туніс
114	TUR	Turkey	Туреччина

*Продовження Таблиці В.1*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
115	UGA	Uganda	Уганда
116	UKR	Ukraine	Україна
117	ARE	United Arab Emirates	Об'єднані Арабські Емірати
118	GBR	United Kingdom	Об'єднане Королівство
119	USA	United States	Сполучені Штати
120	URY	Uruguay	Уругвай
121	VEN	Venezuela	Венесуела
122	VNM	Vietnam	В'єтнам
123	ZMB	Zambia	Замбія

## ДОДАТОК Д

## Файл invest.fis

```

[System]
Name='invest'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=6
NumOutputs=1
NumRules=11
AndMethod='prod'
OrMethod='max'
ImpMethod='prod'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='x2'
Range=[0 45000]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [559.542857142859 13487.1428571429]
MF2='M': 'gaussmf', [6750 9297.61904761905]
MF3='H': 'smf', [-251.809523809517 24176.1904761905]

[Input2]
Name='x12'
Range=[5 45]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [12.67 35.74]
MF2='M': 'gaussmf', [5.33 23.9173015873016]
MF3='H': 'smf', [19.9 37.2222222222222]

[Input3]
Name='x17'
Range=[-5 25]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [-3.13492063492063 8.55]
MF2='M': 'gaussmf', [4.82 5.39142857142857]
MF3='H': 'smf', [-0.849206349206352 16.9607936507936]

[Input4]
Name='x23'
Range=[0 250]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [0.74074074074074 37.3]
MF2='M': 'gaussmf', [13.1 21.9042328042328]
MF3='H': 'smf', [-5.69 46.8783068783069]

[Input5]
Name='x31'
Range=[60 160]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [63.042328042328 97.9]
MF2='M': 'gaussmf', [12.7 83.8089947089947]
MF3='H': 'smf', [71.8199470899471 100.589947089947]

[Input6]
Name='x38'
Range=[0 130]

```

```

NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [12.5529100529101 98.6]
MF2='M': 'gaussmf', [14.7 57.194708994709]
MF3='H': 'smf', [15.9 105.410052910053]

[Output1]
Name='z'
Range=[-30 180]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [-5.0411746031746 9.3968253968254]
MF2='M': 'gaussmf', [5.22278981983463 6.43]
MF3='H': 'smf', [-5.53968253968254 18.2603174603175]

[Rules]
3 2 2 3 2 3, 3 (1) : 1
2 3 2 2 2 -3, 3 (1) : 1
2 1 2 3 -2 2, 3 (1) : 1
-2 2 2 1 1 2, 2 (1) : 1
1 1 2 2 2 1, 2 (1) : 1
1 1 -1 3 3 3, 2 (1) : 1
2 -2 2 2 2 -2, 2 (1) : 1
2 2 2 1 2 2, 1 (1) : 1
-2 3 2 2 -3 -2, 1 (1) : 1
2 2 2 -3 -3 -3, 1 (1) : 1
2 2 2 2 2 2, 1 (1) : 1

```

## ДОДАТОК Ж

## Файл Tuning.m

```

global FIS n m y inp

FIS=readfis('invest.fis');
n=length(FIS.input);
m=length(FIS.output);

x2= [9231.38290 11198.64257 13392.91690 ... 6482.82148]
x12=[23.10000 24.10000 25.30000 ... 23.50000 ]
x17=[6.30000 10.70000 9.40000 ... 6.37526 ]
x23=[6.04279 6.08843 5.93374 ... 9.67747 ]
x31=[79.50529 78.37921 78.70692 ... 81.50499 ]
x38=[117 117 117 117 ... 69 ]
y= [1.06661 1.69953 1.92151 ... 1.63979 ]

%data presentation to fuzzy network form
inp=[];
for l=1:length(y)
    inp(l,1)=x2(l);
    inp(l,2)=x12(l);
    inp(l,3)=x17(l);
    inp(l,4)=x23(l);
    inp(l,5)=x31(l);
    inp(l,6)=x38(l);
end;

% forecasting before model training

outp_b=evalfis(inp, FIS);

X0=[];
for i=1:n
    for j=1:length(FIS.input(i).mf)
        k=length(X0)+1;
        X0(k:k+1)=FIS.input(i).mf(j).params(1:2);
    end;
end;
for j=1:length(FIS.output.mf)
    k=length(X0)+1;
    X0(k:k+1)=FIS.output.mf(j).params(1:2);
end;
X0(length(X0)+1:length(X0)+length(FIS.rule))=1;

VLB=[];
for i=1:length(FIS.input)
    k=length(VLB);
    VLB(k+1)=FIS.input(i).range(1);
    VLB(k+2)=(X0(k+1)+X0(k+2))/2;
    VLB(k+3)=X0(k+3)/3;
    VLB(k+4)=(X0(k+1)+X0(k+2))/2;
    VLB(k+5)=FIS.input(i).range(1);
    VLB(k+6)=X0(k+5);
end;

```

```

for j=1:length(FIS.output.mf)
    k=length(VLB);
    VLB(k+1)=FIS.output.range(1);
    VLB(k+2)=(FIS.output.range(1)+FIS.output.range(2))/2;
end;
VLB(length(VLB)+1:length(VLB)+length(FIS.rule))=0;

VRB=[];
for i=1:length(FIS.input)
    k=length(VRB);
    VRB(k+1)=X0(k+2);
    VRB(k+2)=FIS.input(i).range(2);
    VRB(k+3)=X0(k+3)*3;
    VRB(k+4)=(X0(k+5)+X0(k+6))/2;
    VRB(k+5)=(X0(k+5)+X0(k+6))/2;
    VRB(k+6)=FIS.input(i).range(2);
end;
for j=1:length(FIS.output.mf)
    k=length(VRB);
    VRB(k+1)=(FIS.output.range(1)+FIS.output.range(2))/2;
    VRB(k+2)=FIS.output.range(2);
end;
VRB(length(VRB)+1:length(VRB)+length(FIS.rule))=1;

%optimization
options = optimset('MaxFunEvals', 10000, 'GradObj', 'on');
[x, fval]=fmincon(@fun_obj,X0,[],[],[],[],[],VLB,VRB);
fval

outp_a=evalfis(inp, FIS);

writefis(FIS, '1.fis');

figure(1)
plot(1:length(outp_b),outp_b,'b.--')
hold on
plot(1:length(y),y,'k.-')
hold on
plot(1:length(outp_a),outp_a,'r.--')

```

## ДОДАТОК 3

### Файл Testing.m

```
FIS_test=readfis('optim.fis');

x2=[1828.71763 2303.01883 3068.60900 3891.03782 2545.48034 2973.99648
3569.75703 3855.42128 4029.71550 3082.46145];
x12=[24.20000 24.20000 23.90000 23.40000 25.70000 25.70000 25.80000
24.80000 26.10000];
x17=[13.56958 9.05632 12.84020 25.23191 15.89457 9.37859 7.96009 0.55556 -
0.27624 12.18837];
x23=[20.91546 19.84723 18.94212 19.72305 22.61068 22.75265 21.23809 20.86569
21.12922 20.67977];
x31=[76.57775 78.08576 78.86493 80.04822 84.61490 83.25335 84.17220 86.93600
91.25374 90.00777];
x38=[87 87 87 87 87 87 87 87 87];

y=[9.06410 5.20078 7.14201 5.94470 4.06815 4.72880 4.41715 4.65066 2.45977
0.64262]

%data presentation to fuzzy network form
inp=[];
for l=1:length(y)
    inp(l,1)=x2(l);
    inp(l,2)=x12(l);
    inp(l,3)=x17(l);
    inp(l,4)=x23(l);
    inp(l,5)=x31(l);
    inp(l,6)=x38(l);
end;

outp_a=evalfis(inp, FIS_test);

figure(1)
plot(1:length(outp_a),outp_a,'r.--')
hold on
plot(1:length(y),y,'k.-')
```

## ДОДАТОК К

### Файо optim.fis

```
[System]
Name='1'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=6
NumOutputs=1
NumRules=11
AndMethod='prod'
OrMethod='max'
ImpMethod='prod'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='x2'
Range=[0 45000]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [559.57861086591 13487.1844053649]
MF2='M': 'gaussmf', [6751.61905304188 9295.75192317546]
MF3='H': 'smf', [11.232966740594 24181.0197015501]

[Input2]
Name='x12'
Range=[5 45]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [5 28.9032837591192]
MF2='M': 'gaussmf', [15.99 24.205]
MF3='H': 'smf', [28.5611111111111 33.7120266500889]

[Input3]
Name='x17'
Range=[-5 25]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [-4.5036644011573 4.72634430017387]
MF2='M': 'gaussmf', [9.59199628385228 3.04356751367209]
MF3='H': 'smf', [-0.849206349206352 16.9607936507936]

[Input4]
Name='x23'
Range=[0 250]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [0.448449203031045 35.3745032050099]
MF2='M': 'gaussmf', [39.3 20.5941534391535]
MF3='H': 'smf', [20.5941534391535 250]

[Input5]
Name='x31'
Range=[60 160]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [60.1148992520596 80.471164021164]
MF2='M': 'gaussmf', [12.0787647518093 86.2049470899471]
MF3='H': 'smf', [86.1787388547253 142.734328689522]

[Input6]
Name='x38'
Range=[0 130]
```



```

NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [12.9638469105237 99.1825392773421]
MF2='M': 'gaussmf', [44.1 60.6550264550265]
MF3='H': 'smf', [60.6550264550265 130]

```

```

[Output1]
Name='z'
Range=[-30 180]
NumMFs=3
MF1='L': 'zmf', [-1.78020077982179 75]
MF2='M': 'gaussmf', [2.79137324079974 75]
MF3='H': 'smf', [-30 75]

```

```

[Rules]
3 2 2 3 2 3, 3 (0.999968821416916) : 1
2 3 2 2 2 -3, 3 (0.00796603529256512) : 1
2 1 2 3 -2 2, 3 (1) : 1
-2 2 2 1 1 2, 2 (0) : 1
1 1 2 2 2 1, 2 (0.347506261536864) : 1
1 1 -1 3 3 3, 2 (0.728186577349137) : 1
2 -2 2 2 2 -2, 2 (0) : 1
2 2 2 1 2 2, 1 (0.346152560973715) : 1
-2 3 2 2 -3 -2, 1 (1) : 1
2 2 2 -3 -3 -3, 1 (0.118782018778776) : 1
2 2 2 2 2 2, 1 (0.999999985098839) : 1

```



Приватне акціонерне товариство  
„Фінансова компанія” САНТАННА”

01135, м. Київ, вул. Андрющенко, 4-д  
Тел.: /+38044/ 220-45-47; факс: 484-11-45

Вих. № 37/04/16  
від 20 квітня 2016 р.

ДОВІДКА

Про впровадження результатів дисертаційної роботи  
Мірошніченка Ігоря Вікторовича  
«Система моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни»

Розроблений в дисертаційній роботі Мірошніченка Ігоря Вікторовича методологічний підхід до оцінювання інвестиційного потенціалу країни, в основу якого покладено інструментарій нейронних мереж, що самоорганізуються та нечіткої логіки представляє практичний інтерес та використовується в процесі своєї діяльності ПрАТ «Фінансова компанія «Сантанна».

Зокрема, розроблена система економіко-математичних моделей застосовується при аналізі та оцінюванні інвестиційних можливостей країн, з метою потенційного розширення своєї діяльності, що дозволить підвищити ефективність функціонування компанії.

Голова правління



Антоневський В.К.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«НАУКОВИЙ ПАРК  
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

03057, м. Київ, просп. Перемоги, 54/1

від 25.04.2016 № 2016/27-04  
на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Про впровадження результатів  
дисертаційної роботи

**ДВНЗ «Київський національний  
економічний університет  
імені Вадима Гетьмана»**

03680, м. Київ, пр-т. Перемоги, 54/1

**ДОВІДКА**

Цією довідкою підтверджується, що висновки та основні положення дисертаційної роботи Мірошніченка Ігоря Вікторовича на тему «Система моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни» на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці були використані у роботі Товариства з обмеженою відповідальністю «НАУКОВИЙ ПАРК КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ» у виконанні госпрозрахункових науково-дослідних робіт «Формування бази даних по відвантаженню/завантаженню чавуна, сталі в злитках, феросплавів, заготовок сталевих та лому чорних металів українськими суб'єктами господарювання у 2014 році», «Формування бази даних по відвантаженню/завантаженню цегли, плит та блоків українськими суб'єктами господарювання у 2014 році», «Формування бази даних по відвантаженню/завантаженню матеріалів для будівництва: цемент, волокна, порошки українськими суб'єктами господарювання у 2014 році», «Формування бази даних по відвантаженню/завантаженню піску, глини, торфу, шлаків та будівничих відходів українськими суб'єктами господарювання у 2014 році» на замовлення Державного підприємства «Державний інформаційно-аналітичний центр моніторингу зовнішніх товарних ринків». Запропоновані Мірошніченком І. В. методи і моделі дають змогу проводити більш ефективну інвестиційну політику у контексті національних економічних інтересів України, нівелювати структурні диспропорції внутрішнього і зовнішнього фінансування національної економіки.


Генеральний директор



*А. В. Матвійчук*

**А. В. Матвійчук**

Проректор  
з науково-педагогічної роботи  
ДВНЗ «Київський національний  
економічний університет  
імені Вадима Гетьмана»  
д.е.н., проф. Колот А. М.



*[Signature]*  
3 березня 2016 р.

Перший проректор  
з науково-педагогічної  
та наукової роботи  
ДВНЗ «Київський національний  
економічний університет імені  
Вадима Гетьмана»  
д.е.н., проф. Лук'яненко Д. Г.



*[Signature]*  
3 березня 2016 р.

#### ДОВІДКА

про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційної роботи  
**Мірошниченка Ігоря Вікторовича**  
«Система моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни»  
у навчальний процес

Результати дисертаційної роботи «Система моделей оцінювання інвестиційного потенціалу країни» здобувача наукового ступеня кандидата економічних наук Мірошниченка Ігоря Вікторовича використовуються у навчальному процесі кафедри економіко-математичного моделювання Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана».

Зокрема, у циклі лекцій з дисциплін «Нейро-нечіткі моделі в управлінні», «Моделі і методи штучного інтелекту» та «Прогнозування соціально-економічних процесів» розглядається методологічний підхід до побудови економіко-математичних моделей на підґрунті нейронних мереж та нечіткої логіки. Під час проведення лабораторних робіт з дисциплін «Нейро-нечіткі моделі в управлінні», «Моделі і методи штучного інтелекту» та «Прогнозування соціально-економічних процесів» використовується розроблена в межах дисертаційної роботи програмна реалізація системи моделей оцінювання інвестиційного потенціалу на підґрунті нейромережевого моделювання та теорії нечіткої логіки.

У циклі семінарських (практичних) робіт з дисциплін «Нейро-нечіткі моделі в управлінні», «Моделі і методи штучного інтелекту» та «Прогнозування соціально-економічних процесів» розглядаються концептуальні положення щодо побудови системи моделей оцінювання інвестиційного потенціалу, що дає змогу поглибити наукові пошуки шляхів підвищення розвитку економічної системи і дозволяють у ринкових умовах приймати оптимальні оперативні і стратегічні рішення щодо її функціонування та розвитку.

Завідувач кафедри  
економіко-математичного моделювання  
д.е.н., професор



В. В. Вітлінський